

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 2 日
Date of Application:

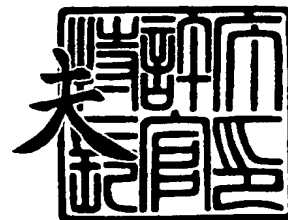
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 1 3 8 5 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 1 3 8 5 7]

出 願 人 ソニー株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290789102

【提出日】 平成15年 1月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
 内

 【氏名】 小川 剛

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100067736

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

 【識別番号】 100086335

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

 【識別番号】 100096677

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 019530

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路型光スイッチ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 自然状態において互いに近接効果の摂動が生じ無い対向間隔に保持されて少なくとも 2 層に形成された複数本の光導波路と、

上下で対をなす上記光導波路間において軸方向に所定の長さを有して形成されたギャップ部と、

上記ギャップ部内において、少なくとも対をなす一方の光導波路を駆動して相対する他方の光導波路側へと移動させる光導波路駆動手段とを備え、

上記光導波路が、上記ギャップ部内において上記光導波路駆動手段によって相対する近接効果摂動を生じさせる位置に移動されて結合することにより、これら光導波路を伝播する光信号の切換或いは変換を行うことを特徴とする光導波路型光スイッチ。

【請求項 2】 上記光導波路が、同一層内においてそれぞれ互いに並列状態で複数本が形成されており、

上記光導波路駆動手段によって上記同一層内の光導波路が同時に相対する層内に形成された上記光導波路側へと移動されることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 3】 上記光導波路が多層に形成され、中間層に形成された上記光導波路が、上記光導波路駆動手段によって相対する上下層に形成された光導波路に対して選択的に移動動作されることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 4】 各層の上記光導波路が、上記ギャップ部の形成領域を除いて、導光特性を有しかつ上記ギャップ部とほぼ等しい厚みを有する中間層によって隔離されることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 5】 上記中間層が、上記光導波路を構成するクラッド材と略同一屈折率を有する導光材料によって形成されることを特徴とする請求項 4 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 6】 上記ギャップ部に液体を封入したことを特徴とする請求項 1 に

記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 7】 上記光導波路駆動手段が、上記ギャップ部内に位置して相対する上記光導波路にそれぞれ形成された互いに対向する導光性を有する電極材によって形成された電極層を有し、

駆動電圧を印加することによって上記電極層間に静電力を発生させ、この静電力によって上記光導波路を近接効果摂動を生じさせる位置に移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 8】 上記電極層の少なくともいずれか一方の主面に、短絡防止層を形成したことを特徴とする請求項 7 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 9】 上記光導波路駆動手段が、相対する上記光導波路を、少なくとも接触状態と近接効果摂動を生じさせる中間位置とに移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路型光スイッチ。

【請求項 10】 導光性樹脂材からなる下部クラッド層と上部クラッド層とによってコア層を封装した第 1 層目の光導波路を形成する第 1 光導波路層形成工程と、

上記第 1 光導波路層の上部クラッド層上に、導光性を有する電極材によって第 1 層目の電極層を形成する第 1 電極層形成工程と、

上記第 1 光導波路層の上部クラッド層と上記第 1 電極層とに跨る所定の領域に、所定の厚みを有する中間層を形成する中間層形成工程と、

上記第 1 光導波路層の上部クラッド層上に上記中間層の非形成領域によって構成されたギャップ部に対して埋設材を充填する埋設材充填工程と、

上記第 1 電極層と対向して、上記中間層と上記埋設材層とに跨って導光性を有する電極材によって第 2 層目の電極層を形成する第 2 電極層形成工程と、

上記第 1 光導波路層と対向して、上記第 2 電極層を含む上記上部クラッド層上に導光性樹脂材からなる下部クラッド層と上部クラッド層とによってコア層を封装した第 2 層目の光導波路を形成する第 2 光導波路層形成工程と、

上記埋設材層の埋設材を除去して上記ギャップ部を形成するギャップ部形成工程とを有し、

上記第 1 光導波路層と上記第 2 光導波路層とが、自然状態において互いに近接

効果の摂動が生じ無い対向間隔に保持されるとともに、上記第1電極層と上記第2電極層への電圧印加により発生する静電力により上記ギャップ部内において近接効果の摂動が生じる位置に移動されることによって、光信号の切換或いは変換を行う光導波路型光スイッチを製造することを特徴とする光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項11】 上記第2光導波路層の上部クラッド層上に、上記第1光導波路層形成工程乃至上記ギャップ部形成工程と同様の工程が順次施されて、光導波路が多層に形成されることを特徴とする請求項10に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項12】 上記第1光導波路層形成工程及び上記第1電極層形成工程と上記第2光導波路層形成工程及び上記第2電極層形成工程において、同一層内において互いに並列状態となる複数の光導波路をそれぞれ形成することを特徴とする請求項10に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項13】 上記中間層形成工程において、上記中間層が上記光導波路を構成するクラッド材と略同一屈折率を有する導光材料によって形成されることを特徴とする請求項10に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項14】 上記中間層形成工程において、上記中間層に上記第1電極層まで貫通する第1のビアホールが形成され、

上記第2光導波路層形成工程において、上記下部クラッド層と上記上部クラッド層に上記第2電極層まで貫通する第2のビアホールが形成されるとともに、上記第1のビアホールに連通する第3のビアホールが形成され、

上記第1のビアホール乃至第3のビアホールに導通処理を施して、上記上部クラッド層上に上記第1電極層及び上記第2電極層の接続用ビアを形成することを特徴とする請求項10に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項15】 上記埋設材充填工程において、上記ギャップ部と上記第1のビアホールとを銅からなる埋設材により充填することを特徴とする請求項14に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項16】 上記第1光導波路層の上部クラッド層と上記埋設材層とが同一面を構成するように研磨する研磨工程が施こされることを特徴とする請求項1

5に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項17】 上記第2光導波路層形成工程において、上記下部クラッド層と上記上部クラッド層に上記埋設材層まで貫通するエッチング用孔が形成され、上記エッチング用孔を介して上記埋設材層にエッチング処理を施して上記ギャップ部内に充填された埋設材を除去するエッチング工程が施されることを特徴とする請求項15に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項18】 上記エッチング用孔から上記ギャップ部内に液体を充填する工程と、上記エッチング用孔を閉塞する工程とが施されることを特徴とする請求項17に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【請求項19】 上記第1電極層形成工程と上記第2電極層形成工程の少なくともいずれか一方の工程において、電極層の主面上に短絡防止層を形成することを特徴とする請求項10に記載の光導波路型光スイッチの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光信号を伝送する光導波路に形成されて光信号の切換或いは変換等を行う光導波路型光スイッチ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、パーソナルコンピュータ、携帯電話機、ビデオ機器、オーディオ機器等の各種デジタル電子機器には、各種のIC (Integrated Circuit) 素子やLSI (Large Scale Integration) 素子、メモリ素子等の多数個の集積回路素子が備えられている。集積回路素子は、配線パターンの微細化、ICパッケージの小型化や集積規模の飛躍的向上、多ピン化或いはCSP (chip size package) 実装法等の実装方法の改善によって小型軽量化や薄型化が図られるとともに、高機能化や多機能化、動作速度の大幅な向上による高速処理化等が図られている。

【0003】

集積回路素子等の信号伝送は、一般にボード内に搭載された集積回路素子間等のように比較的短い距離の場合も、電気配線を伝送される電気信号によって行わ

れている。信号伝送においては、今後情報信号の高速伝送化や信号パターンの高密度化等によってさらなる性能の向上が図られているが、電気配線による対応ではその限界がある。すなわち、電気配線による信号伝送は、配線パターン内において発生するCR (Capacitance-Resistance) 時定数による信号伝送の遅延、EMI (Electromagnetic Interference) ノイズやEMC (Electromagnetic Compatibility) 或いは各配線パターン間のクロストーク等の問題に対する対応が必要となる。

【0004】

信号伝送においては、上述した電気配線による電気信号の伝送方式の問題を解決するために、光学配線や光学インターコネクション等によって構成される光学配線技術を用いた光信号伝送の採用が注目されている。光信号伝送は、機器間や機器に搭載されたボード間或いはボード内の各集積回路素子間に伝送される情報信号等を高速で伝送することを可能とする。光信号伝送は、特に集積回路素子間のように短距離の信号伝送を行う場合に、集積回路素子を実装した基板上に光導波路を形成することによって、この光導波路を伝送路として光信号を高速かつ大容量を以って伝送し、情報信号等の伝送システムを好適に構築することを可能とする。

【0005】

各種の電子機器等においては、上述した光信号伝送を行う場合に、電気配線と光配線とを混載したハイブリット型配線基板が備えられる。ハイブリット型配線基板は、例えばシリコン基板やガラス基板のように平坦化された主面を有する基板を用いて、この基板の主面上に精密かつ微細化な薄膜多層の電気配線パターンを形成するとともに光導波路を形成する。光導波路には、光導波路の形成材料として例えばリソグラフィック技術によってパターン形成が低温プロセスで可能な導光性を有する樹脂材が好適に用いられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したハイブリット型配線基板においては、複数の集積回路素子等を備えてそれらの間において相互に信号授受等を行う場合に、伝送路の切換



制御を行うスイッチ手段が設けられる。ハイブリット型基板においては、かかるスイッチ手段に、光配線中を伝送される光信号が電気信号に変換されることなく直接切換えられたり変換されたりする光スイッチを用いることが好ましい。ハイブリット型基板は、光スイッチによって光信号の伝送ロスを抑制して、高速かつ高容量化を保持して切換或いは変換されて伝送が行われるようにする。

【0007】

光スイッチについては、例えば LiNbO_3 結晶と Ti 等の強誘電体材料と光半導体材料とを用いた電気光学型スイッチ、半導体材料を用いた光ゲート型スイッチ、表面弾性波による導波光の回折効果を利用した音響光学型スイッチ、希土類ガーネット材料等の磁気光学効果の大きい材料を用いた磁気光学型スイッチ或いは誘電体の温度変化による屈折率の変化を利用した熱・光効果型スイッチ等の各種の光スイッチが提案されている。しかしながら、かかる従来の光スイッチは、いずれも比較的高価であるとともに光導波路と独立したデバイスとして光配線中に設けられることから、接続作業が面倒でありかつ接続部位において損失が生じるといった問題があった。

【0008】

また、ハイブリット型基板においては、各集積回路素子間において例えばコントロール信号、データ信号或いはアドレス信号等の複数の信号伝送が行われることが多い。したがって、ハイブリット型基板においては、複数の光配線を同時にスイッチング可能な光スイッチも望まれている。かかる光スイッチとしては、上述した個別の光スイッチを基板上にマトリックス状に集積して構成したものが提案されているが、構造が複雑であるとともに高価であった。

【0009】

したがって、本発明は、多層化された複数の光導波路を伝送される複数の光信号の切換や変換を、損失を低減して高精度に行うことが可能な構造簡易で小型かつ廉価な光導波路型光スイッチ及びその製造方法を提供することを目的に提案されたものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】



上述した目的を達成する本発明にかかる光導波路型光スイッチは、自然状態において互いに近接効果の摂動が生じ無い対向間隔に保持されて少なくとも2層に形成された複数本の光導波路と、上下で対をなす光導波路間において軸方向に所定の長さを有して形成されたギャップ部と、このギャップ部内において少なくとも対をなす一方の光導波路を駆動して相対する他方の光導波路側へと移動させることによってこれら光導波路間において近接効果摂動を生じさせる光導波路駆動手段とを備えて構成される。

【0011】

以上のように構成された本発明にかかる光導波路型光スイッチによれば、例えば基板に搭載された集積回路素子間を光学的に接続する各光導波路によってコントロール信号、データ信号或いはアドレス信号等の光信号が伝送される。光導波路型光スイッチによれば、光導波路駆動手段によってギャップ部内において少なくとも第1の光導波路が相対する第2の光導波路と離間した第1の位置から近接効果摂動が生じる第2の位置へと移動動作される。光導波路型光スイッチによれば、第1の光導波路と第2の光導波路とが近接効果摂動により結合することによって、伝送される光信号が第2の光導波路側へと切り換えられて伝送が行われるようになる。また、光導波路型光スイッチによれば、第1の光導波路と第2の光導波路とを伝送される光信号が重畳されることによって変換されて伝送が行われるようになる。光導波路型光スイッチによれば、光導波路駆動手段によって光導波路を直接駆動して光信号の切換や変換が行われることから、構造が簡易であるとともに損失の低減が図られる。光導波路型光スイッチによれば、基板上に厚膜技術等によって精密かつ小型に形成することが可能である。

【0012】

また、上述した目的を達成する本発明にかかる光導波路型光スイッチの製造方法は、導光性樹脂材からなる下部クラッド層と上部クラッド層とによってコア層を封装した第1層目の光導波路を形成する第1光導波路層形成工程と、第1光導波路層の上部クラッド層上に導光性を有する電極材によって第1層目の電極層を形成する第1電極層形成工程と、第1光導波路層の上部クラッド層と第1電極層とに跨る所定の領域に所定の厚みを有する中間層を形成する中間層形成工程と、

第1光導波路層の上部クラッド層上に中間層の非形成領域によって構成されたギャップ部に対して埋設材を充填する埋設材充填工程と、第1電極層と対向して中間層と埋設材層とに跨って導光性を有する電極材によって第2層目の電極層を形成する第2電極層形成工程と、第1光導波路層と対向して第2電極層を含む上部クラッド層上に導光性樹脂材からなる下部クラッド層と上部クラッド層とによってコア層を封装した第2層目の光導波路を形成する第2光導波路層形成工程と、埋設材層の埋設材を除去してギャップ部を形成するギャップ部形成工程とを有して光導波路型光スイッチを製造する。

【0013】

上述した工程を有する本発明にかかる光導波路型光スイッチの製造方法によれば、第1光導波路層と第2光導波路層とが自然状態において互いに近接効果の摂動が生じ無い対向間隔に保持されるとともに、第1電極層と第2電極層への電圧印加により発生する静電力によってギャップ部内において近接効果の摂動が生じる位置に移動されることによって、光信号の切換或いは変換を行う光導波路型光スイッチが製造される。光導波路型光スイッチの製造方法によれば、基板上においてリソグラフィック技術等を利用した比較的簡易な積層工程によって構成各部位が形成されることから、廉価な光導波路型光スイッチが製造される。光導波路型光スイッチの製造方法によれば、相対する第1光導波路層と第2光導波路層とに形成した第1電極層と第2電極層とによって光導波路を直接移動させる光導波路駆動手段が構成され、この光導波路駆動手段を介して接近移動されることによって生じる近接効果摂動により第1光導波路層と第2光導波路層との間で光信号の切換や変換が行われる構造が簡易で損失の低減が図られた光導波路型光スイッチが製造される。光導波路型光スイッチの製造方法によれば、厚膜技術等を利用して基板上に形成される光導波路の一部に直接形成されることから、高精度であるとともに小型化されかつ廉価に製造することが可能である。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。第1の実施の形態として図1乃至図5に示した光導波路型光スイッチ1は、図示しない

複数個の集積回路素子や電気－光変換素子等を搭載した基板 2 の主面上に積層形成された第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とからなる光学バス 3 の所定箇所 に直接形成される。光導波路型光スイッチ 1 は、詳細を後述するように第 1 光導波路層 4 に対して第 2 光導波路層 5 が所定の領域内で接離動作し、接近した位置において第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とに近接効果摂動が生じて光学的結合が行われるようにする。

【0015】

光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との間の非結合・結合動作によって、各集積回路素子から電気－光変換素子を介して光学バス 3 に入出力されて相互に授受されるコントロール信号、データ信号或いはアドレス信号等の光信号の切換や変換を行う。なお、光導波路型光スイッチ 1 は、図 1 に詳細に示され、図 2 及び図 3 に要部が示され、図 4 及び図 5 に動作状態が示される。

【0016】

基板 2 は、比較的高精度の平坦面を形成することが可能な例えばシリコン基板やガラス基板が用いられる。基板 2 には、図示しないが光学バス 3 とともに各集積回路素子と電気－光変換素子との間を接続する適宜の配線パターンが多層に形成されている。基板 2 は、図示しないが実装用の電気端子が設けられており、例えばインタポーザやマザー基板等の実装ボードに実装される。

【0017】

光学バス 3 は、図 1 及び図 2 に示すように第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とが基板 2 の主面上に上下 2 層に形成されるとともに、図 3 に示すようにこれら第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とが同一層内においてそれぞれ互いに並列状態に形成された複数本の個別光導波路 4 a 乃至 4 f、5 a 乃至 5 f とからなる。光学バス 3 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との間に中間層 6 が形成されており、この中間層 6 によって光信号が互いに結合することなく、換言すれば近接効果摂動を生じることなく伝送されるようにこれら第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との対向間隔が保持される。

【0018】

光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とを構成要素として、基板 2 の主面上に直接形成される。光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 と、中間層 6 に形成したギャップ部 7 と、このギャップ部 7 に位置して第 1 光導波路層 4 に積層形成された第 1 電極層 8 及び第 1 短絡防止層 9 と、ギャップ部 7 に位置して第 2 光導波路層 5 に積層形成された第 2 電極層 10 及び第 2 短絡防止層 11 とから構成される。光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 電極層 8 を第 2 光導波路層 5 の主面に引き出す第 1 ビア 12 及び第 2 電極層 10 を引き出す第 2 ビア 13 とから構成される。光導波路型光スイッチ 1 には、第 2 光導波路層 5 に、第 1 ビア 12 と第 2 ビア 13 とがそれぞれ接続される第 1 の接続端子 14 及び第 2 の接続端子 15 が形成されている。光導波路型光スイッチ 1 には、ギャップ部 7 内に液体 16 が封入されている。

【0019】

光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 が、導光性を有する樹脂材によって形成されるコア 17 と、コア 17 よりも屈折率が小さな導光性を有する樹脂材によって形成されてコア 17 を封止する下部クラッド層 18 及び上部クラッド層 19 とから構成する。第 1 光導波路層 4 は、上述したように複数本の個別光導波路 4a 乃至 4f によって構成されるが、各個別光導波路 4a 乃至 4f が下部クラッド層 18 上に互いに並列にパターン形成された個別のコア 17a 乃至 17f を上部クラッド層 19 とによって封止して構成される。第 1 光導波路層 4 は、各個別光導波路 4a 乃至 4f が、それぞれに伝送される光信号が互いに干渉することなく独立して伝送されるに足る間隔を以って形成される。

【0020】

第 1 光導波路層 4 は、基板 2 の主面上に、導波路形成領域の全域に亘って樹脂材料が均一な厚みで塗布されることによって下部クラッド層 18 が形成される。第 1 光導波路層 4 は、下部クラッド層 18 上にコア 17 を構成する樹脂材が塗布されて樹脂層が形成され、この樹脂層に対して所定のパターンニング処理を施すことによってコア 17 が形成される。第 1 光導波路層 4 は、コア 17 を被覆するようにして下部クラッド層 18 の全面に樹脂材が塗布されて上部クラッド層 19 が形成される。第 1 光導波路層 4 は、必要に応じて上部クラッド層 19 が研磨処理

を施されて平坦化されている。

【0021】

第1光導波路層4には、上部クラッド層19のギャップ部7に臨ませられた部位を被覆するようにして第1電極層8が形成されている。第1電極層8は、例えば透明電極膜を形成する際に用いられるITO (Indium-Tin-Oxide) 等の導光性を有する電極材が用いられ、上部クラッド層19の所定領域に成膜された電極材層に対してエッチング処理による所定のパターンニング処理を施すことによって形成される。なお、第1電極層8は、導光性が小さな電極材によって形成した場合には、第1光導波路層4を伝送される光信号の吸収量が大きくなり、後述する第1光導波路層4と第2光導波路層5とに伝送される光信号の伝播モードの重なりを阻害して結合不能の状態とすることがある。

【0022】

第1光導波路層4には、ギャップ部7に臨ませられる第1電極層8を被覆して第1短絡防止層9が全域に亘って形成されている。第1短絡防止層9は、後述するように第2光導波路層5が駆動される際に、第1電極層8と第2電極層10とが直接接触して過大な電流が流れることを防止する。第1短絡防止層9は、導光性を有する絶縁材、例えば酸化珪素 (SiO_2) や窒化珪素 (SiN) 等を成膜形成し、この絶縁層に対してエッチング処理による所定のパターンニング処理を施すことによって形成される。第1短絡防止層9には、望ましくは第1光導波路層4を伝送される光信号の伝播モードに影響を及ぼさないように、クラッド材とほぼ同等若しくは小さな屈折率を有する導光性を有する絶縁材が用いられる。

【0023】

光導波路型光スイッチ1は、上部クラッド層19上に、その樹脂材よりも屈折率が同等若しくは小さい導光性を有する樹脂材、例えばクラッド材を用いて所定の厚みで塗布することによって中間層6が成膜形成される。中間層6は、上述したように第1光導波路層4と第2光導波路層5とが通常状態において近接効果摂動を生じさせない対向間隔を保持するに足る厚みを有して形成される。

【0024】

中間層6は、平坦化された上部クラッド層19上に形成されることによって、

精密な厚みを以って形成される。中間層 6 は、成膜時に長さ方向の所定領域をマスキングすることによって、非成膜部位にギャップ部 7 が形成される。中間層 6 は、上部クラッド層 19 の全面に樹脂層を形成した後に、エッチング処理等を施して所定領域の樹脂層を除去してギャップ部 7 を形成するようにしてもよい。中間層 6 には、必要に応じて主面が研磨処理を施されて平坦化される。

【0025】

ギャップ部 7 は、第 1 光導波路層 4 の第 1 短絡防止層 9 を中間層 6 から露出させる。ギャップ部 7 は、後述するように第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とが光結合される際に、第 2 光導波路層 5 の動作空間部を構成する。ギャップ部 7 は、第 2 光導波路層 5 が形成されることによって層内に封止空間部として構成される。

【0026】

ギャップ部 7 には、空気に代えて上述したように液体 16 が封入される。ギャップ部 7 は、空気を封入した状態で形成された場合に、空気の屈折率が 1 であることから直接の表面層となる短絡防止層 9、10 と屈折率の差を生じさせる。かかる屈折率の差異は、ギャップ部 7 の厚み制御に対して非常に鋭敏であり、特に後述する第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との光結合動作に際して大きな影響があらわれて動作のバラツキを生じさせやすい。したがって、ギャップ部 7 には、短絡防止層 9、10 とほぼ同程度の屈折率を有する充填剤が充填される。ギャップ部 7 には、充填剤として、第 2 光導波路層 5 の動作を妨げず、揮発することがない、例えば適宜の油類からなる液体が充填される。

【0027】

第 2 光導波路層 5 は、ギャップ部 7 を閉塞するようにして中間層 6 上に形成され、第 2 光導波路層 1 と同様に、導光性を有する樹脂材によって形成されるコア 20 と、コア 20 よりも屈折率が小さな導光性を有する樹脂材によって形成されてコア 20 を封止する上部クラッド層 21 及び下部クラッド層 22 とからなる。第 2 光導波路層 5 は、上述したように平坦化された中間層 6 上に形成されることによって、高精度に形成される。

【0028】

第2光導波路層5は、第1光導波路層4の各個別光導波路4a乃至4fとそれぞれ上下層に離間して対をなす個別光導波路5a乃至5fによって構成される。第2光導波路層5は、各個別光導波路5a乃至5fが、上部クラッド層21上に互いに並列にパターン形成された個別のコア17a乃至17fを下部クラッド層22とによって封止して構成される。なお、第2光導波路層5は、各個別光導波路5a乃至5fが、それぞれに伝送される光信号が互いに干渉することなく独立して伝送されるに足る間隔を以って形成される。

【0029】

第2光導波路層5は、中間層6の主面上に、樹脂材料が均一な厚みで塗布されることによって上部クラッド層21が形成される。第2光導波路層5は、上部クラッド層21上にコア20を構成する樹脂材が塗布されて樹脂層が形成され、この樹脂層に対して所定のパターニング処理を施すことによってコア20が形成される。第2光導波路層5は、コア20を被覆するようにして上部クラッド層21の全面に樹脂材が塗布されて下部クラッド層22が形成される。

【0030】

第1光導波路層5には、上部クラッド層21のギャップ部7に臨ませられた部位を被覆して例えばITO等の導光性を有する電極材からなる第2電極層10が形成されている。第2電極層10は、上部クラッド層21の所定領域に成膜された電極材層に対してエッチング処理による所定のパターニング処理を施すことによって形成される。

【0031】

第2光導波路層5には、ギャップ部7に臨ませられる第2電極層10を被覆して第2短絡防止層11が全域に亘って形成されている。第2短絡防止層11は、上述したように第2光導波路層5の駆動時に、第1電極層8と第2電極層10とが直接接触して過大な電流が流れることを防止する。第2短絡防止層11も、例えば酸化珪素や窒化珪素等の導光性を有する絶縁材によって成膜形成された絶縁層に対してエッチング等による所定のパターニング処理を施すことによって形成される。第2短絡防止層11も、望ましくは第2光導波路層5を伝送される光信号の伝播モードに影響を及ぼさないように、クラッド材とほぼ同等若しくは小さ

な屈折率を有する導光性を有する絶縁材が用いられる。

【0032】

なお、光導波路型光スイッチ1は、上述したように第1光導波路層4側に第1短絡防止層9を形成するとともに第2光導波路層5側にも第2短絡防止層11を形成して動作時に第1電極層8と第2電極層10とが直接接触しないように構成している。光導波路型光スイッチ1は、第1光導波路層4或いは第2光導波路層5のいずれか一方側に、第1電極層8と第2電極層10との直接接触を防止する短絡防止層を形成するようにしてもよいことは勿論である。

【0033】

光導波路型光スイッチ1には、第1電極層8と第2電極層10とが、第2光導波路層5側の下部クラッド層22に形成された第1の接続端子14と第2の接続端子15と接続されおり、これら第1の接続端子14と第2の接続端子15とを介して駆動電圧が印加される。第1電極層8は、第1光導波路層4側の下部クラッド層18と上部クラッド層19、中間層6、第2光導波路層5側の上部クラッド層21と下部クラッド層22とを貫通して形成された第1ビア12によって第1の接続端子14と電氣的に接続されている。第2電極層10は、第2光導波路層5側の上部クラッド層21と下部クラッド層22とを貫通して形成された第2ビア13によって第2の接続端子15と電氣的に接続されている。

【0034】

以上のように構成された光導波路型光スイッチ1は、第1光導波路層4と第2光導波路層5とからなる光学バス3に直接設けられ、第1光導波路層4に対して第2光導波路層5を機械的に接離動作させることによって光学的なスイッチング動作を行う。光導波路型光スイッチ1は、図4に示す非動作状態において、上述したように第1光導波路層4と第2光導波路層5とが中間層6を介して所定の間隔に保持された状態にある。光導波路型光スイッチ1は、第1光導波路層4と第2光導波路層5とに、光信号S11と光信号S12とが近接効果摂動により互いに結合しない伝播モードを以って伝送される。なお、光信号S11及び光信号S12は、それぞれ伝播定数が β_1 及び β_2 の伝播モードを以って伝送される。

【0035】

光導波路型光スイッチ 1 には、第 1 の接続端子 14 と第 2 の接続端子 15 とを介して第 1 電極層 8 と第 2 電極層 10 とに駆動電圧が印加される。光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 電極層 8 と第 2 電極層 10 との間に生じる静電力によって、図 5 に示すように第 2 光導波路層 5 がギャップ部 7 内で第 1 光導波路層 4 側へと移動する。なお、光導波路型光スイッチ 1 は、上述したように第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とにそれぞれ第 1 短絡防止層 9 と第 2 短絡防止層 11 とを形成したことにより、第 1 電極層 8 と第 2 電極層 10 とが直接接触して過大な電流が流れることを防止している。

【0036】

光導波路型光スイッチ 1 は、第 2 光導波路層 5 の移動動作によって、この第 2 光導波路層 5 を伝送される光信号 S12 と第 1 光導波路層 4 を伝送される光信号 S11 とが近接効果摂動により伝播モードを互いに結合する状態となる。光導波路型光スイッチ 1 は、光信号 S11 と光信号 S12 とが、偶対称モード及び奇対称モードを励起し、図 5 に示すようにそれぞれの伝播モードの伝播定数が β_1 及び β_2 から β_0 及び β_e となる。光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との結合領域において、光信号 S11 と光信号 S12 とが伝播するにしたがって 2 つの伝播モード間に $(\beta_e - \beta_0)z$ の位相差が生じる。

【0037】

光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との結合領域の伝送方向の長さ L が、光信号 S11 と光信号 S12 との位相差が π となる伝播距離が $\pi / (\beta_e - \beta_0)$ と等しく設定されている。したがって、光導波路型光スイッチ 1 は、第 1 光導波路層 4 を伝送される光信号 S11 が、結合領域を介して第 2 光導波路層 5 へと移送されて伝送されるようにする。また、光導波路型光スイッチ 1 は、同様にして、第 2 光導波路層 5 を伝送される光信号 S12 が、結合領域を介して第 1 光導波路層 4 へと移送されて伝送されるようにする。したがって、光導波路型光スイッチ 1 は、上下に積層された第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 との間においてそれぞれに形成された複数本の個別光導波路を伝送される光信号の同時スイッチング動作を行う 2 対 2 の光スイッチを構成する。

【0038】



第2の実施の形態として図6乃至図9に示した光導波路型光スイッチ25は、基板26上にそれぞれ第1中間層27と第2中間層28とを介して第1光導波路層29乃至第3光導波路層31を3層に積層形成するとともに、各中間層27、28にそれぞれ第1ギャップ部32と第2ギャップ部33とを形成して第2光導波路層30を可動型とした構成に特徴を有している。光導波路型光スイッチ25は、基板26、第1光導波路層29乃至第3光導波路層31や中間層27、28或いはギャップ部32、33の構成並びに作用が上述した光導波路型光スイッチ1の第1光導波路層4及び第2光導波路層5や中間層6或いはギャップ部7と同等とされて構成されている。

【0039】

光導波路型光スイッチ25は、図6に示すように、第1光導波路層29がコア34を下部クラッド層35と上部クラッド層36とによって封止して構成され、第1ギャップ部32に臨んで第1電極層37と第1短絡防止層38とが形成されている。第1光導波路層29は、同一層内においてそれぞれ互いに並列状態に形成された複数本の個別光導波路によって構成され、各個別光導波路がそれぞれに伝送される光信号が互いに干渉することなく独立して伝送されるに足る間隔を以って形成される。

【0040】

光導波路型光スイッチ25は、図6に示すように、第2光導波路層30がコア39を下部クラッド層40と上部クラッド層41とによって封止して構成され、第1ギャップ部32を介して第1光導波路層29と対向する下部クラッド層40に第2電極層42と第2短絡防止層43とが形成されている。第2光導波路層30には、上部クラッド層41に、コア39を挟んで第2電極層42と第2短絡防止層43とにそれぞれ対向する第3電極層44と第3短絡防止層45とが形成されている。これら第3電極層44と第3短絡防止層45とは、第2ギャップ部33に臨ませられている。なお、第2光導波路層30も、第1光導波路層29の各個別光導波路とそれぞれ対向する複数本の個別光導波路によって構成される。

【0041】

光導波路型光スイッチ25は、図6に示すように、第3光導波路層31がコア

46を下部クラッド層47と上部クラッド層48とによって封止して構成され、第2ギャップ部33を介して第2光導波路層30と対向する下部クラッド層47に第4電極層49と第4短絡防止層50とが形成されている。第3光導波路層31も、第1光導波路層29の各個別光導波路や第2光導波路層30の各個別光導波路とそれぞれ対向する複数本の個別光導波路によって構成される。

【0042】

光導波路型光スイッチ25は、上述した構成によって第2光導波路層30が、第1ギャップ部32と第2ギャップ部33とを介して伝送方向の所定の領域において層内で浮いた状態で支持されている。なお、光導波路型光スイッチ25は、上述した各電極層37、42、44、49が、図示しない層間ビアを介してそれぞれ第3光導波路層31の上部クラッド層48上に形成した接続端子と接続されている。

【0043】

以上のように構成された光導波路型光スイッチ25は、第2光導波路層30を第1光導波路層29或いは第3光導波路層31に対して選択的に接離動作させることによって光学的なスイッチング動作を行う。光導波路型光スイッチ25は、図7に示す非動作状態において、第1光導波路層29乃至第3光導波路層31が中間層27、28を介して所定の間隔に保持された状態にある。光導波路型光スイッチ25は、第1光導波路層29乃至第3光導波路層31に、それぞれ光信号S21乃至光信号S23が近接効果摂動により互いに結合しない伝播モードを以って伝送される。

【0044】

光導波路型光スイッチ25には、例えば第1光導波路層29の第1電極層37と第2光導波路層30の第2電極層42とに駆動電圧が印加される。光導波路型光スイッチ25は、これによって第1電極層37と第2電極層42との間に静電力が生じ、図8に示すように第2光導波路層30が第1ギャップ部32内で第1光導波路層29側へと移動して第1光導波路層29と第2光導波路層30との間の光学的スイッチングが行われる。

【0045】

光導波路型光スイッチ 25 は、この第 2 光導波路層 30 の移動動作によって第 2 光導波路層 30 を伝送される光信号 S 22 と第 1 光導波路層 29 を伝送される光信号 S 21 とが近接効果摂動により伝播モードを互いに結合する状態となる。光導波路型光スイッチ 25 は、図 8 に示すように第 1 光導波路層 29 を伝送される光信号 S 21 が、結合領域を介して第 2 光導波路層 30 へと移送されて伝送されるようにする。また、光導波路型光スイッチ 25 は、同様にして、第 2 光導波路層 30 を伝送される光信号 S 22 が、結合領域を介して第 1 光導波路層 29 へと移送されて伝送されるようにする。なお、光導波路型光スイッチ 25 は、第 2 光導波路層 30 と第 3 光導波路層 31 とが所定の対向間隔を保持された状態にあり、それぞれに伝送される光信号 S 22 と光信号 S 23 とが伝播モードを互いに結合しない状態に保持される。

【0046】

光導波路型光スイッチ 25 には、例えば第 2 光導波路層 29 の第 3 電極層 44 と第 3 光導波路層 31 の第 4 電極層 49 とに駆動電圧が印加される。光導波路型光スイッチ 25 は、これによって第 3 電極層 44 と第 4 電極層 49 との間に静電力が生じ、図 9 に示すように第 2 光導波路層 30 が第 2 ギャップ部 33 内で第 3 光導波路層 31 側へと移動して第 2 光導波路層 30 と第 3 光導波路層 31 との間の光学的スイッチングが行われる。

【0047】

光導波路型光スイッチ 25 は、この第 2 光導波路層 30 の移動動作によって第 2 光導波路層 30 を伝送される光信号 S 22 と第 3 光導波路層 31 を伝送される光信号 S 23 とが近接効果摂動により伝播モードを互いに結合する状態となる。光導波路型光スイッチ 25 は、図 9 に示すように第 2 光導波路層 30 を伝送される光信号 S 22 が、結合領域を介して第 3 光導波路層 31 へと移送されて伝送されるようにする。また、光導波路型光スイッチ 25 は、同様にして、第 3 光導波路層 31 を伝送される光信号 S 23 が、結合領域を介して第 2 光導波路層 30 へと移送されて伝送されるようにする。なお、光導波路型光スイッチ 25 は、第 1 光導波路層 29 と第 2 光導波路層 30 とが所定の対向間隔を保持された状態にあり、それぞれに伝送される光信号 S 21 と光信号 S 22 とが伝播モードを互いに

結合しない状態に保持される。

【0048】

以上のように構成された光導波路型光スイッチ25においては、第2光導波路層30が第1光導波路層29と第3光導波路層31とに対して選択的に接離動作するトランスファ型光導波路を構成して、それぞれの間において光信号を移送して伝送するようにする。したがって、光導波路型光スイッチ25は、上下隣り合う層間において複数本の個別光導波路を伝送される光信号の同時スイッチング動作を行う3対3の光スイッチを構成する。

【0049】

第3の実施の形態として図10に示した光導波路型光スイッチ55は、上述した光導波路型光スイッチ1と基本的な構成を同等するが、第1光導波路層4に対する第2光導波路層5の移動位置が制御される構成に特徴を有している。光導波路型光スイッチ55は、各部の構成を光導波路型光スイッチ1の各部と同等とすることから、対応する部位に同一符号を付すことにより説明を省略する。

【0050】

光導波路型光スイッチ55も、図示しない第1電極層8と第2電極層10に駆動電圧が印加されることによって、ギャップ部7内を第2光導波路層5が第1光導波路層4側へと移動される。光導波路型光スイッチ55においては、この場合に例えば電圧制御を行うことによって、第1光導波路層4に対して第2光導波路層5が、直接接触する第1の位置と、ギャップ部7内においてHの高さ位置に保持される第2の位置とに選択的に駆動される。なお、光導波路型光スイッチ55は、第1の位置において、実際には上述したように短絡防止層9、11を介して直接に接触しないように構成されている。

【0051】

光導波路型光スイッチ55は、第2光導波路層5を第1の位置に移動させることによって、上述したように第1光導波路層4内を伝送される光信号S11或いは第2光導波路層5内を伝送される光信号S22のスイッチングを行う。光導波路型光スイッチ55は、図10に示すように、第2光導波路層5が第2の位置に保持された状態では、第1光導波路層4と第2光導波路層5とが不完全な結合状

態となっている。光導波路型光スイッチ 55 は、これによって第 1 光導波路層 4 内を伝送される光信号 S 1 1 或いは第 2 光導波路層 5 内を伝送される光信号 S 2 2 が、例えば光パワーを分割されて伝送されるようになる。

【0052】

第 4 の実施の形態として図 11 に示した光導波路型光スイッチ 60 は、上述した光導波路型光スイッチ 1 と基本的な構成を同等するが、ギャップ部 7 に充填した液体 16 の封入構造に特徴を有している。光導波路型光スイッチ 60 は、各部の構成を光導波路型光スイッチ 1 の各部と同等とすることから、対応する部位に同一符号を付すことにより説明を省略する。

【0053】

光導波路型光スイッチ 60 は、上述したように安定した光スイッチング動作が行われるように、ギャップ部 7 に空気に代えて短絡防止層 9、10 とほぼ同程度の屈折率を有する適宜の油類等からなる液体 16 が充填される。したがって、光導波路型光スイッチ 60 は、第 2 光導波路層 5 に光信号の伝送機能を損なわないようにしてギャップ部 7 に連通する開口部 61 が形成され、この開口部 61 を介してギャップ部 7 内に液体 16 が注入される。光導波路型光スイッチ 60 は、ギャップ部 7 内に液体 16 が充満して空気を排除した状態で、開口部 61 を封止キャップによって封止する。

【0054】

光導波路型光スイッチ 1 は、上述したように光バス 3 の所定箇所に直接形成されて、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とに伝送される光信号 S 1 1 と光信号 S 1 2 との光学的スイッチングを行う。光導波路型光スイッチ 1 は、例えば図 12 に示すように多数のエンドノード 66A～66N がそれぞれ光バス 3 を介して接続した光信号伝送システム 65 に用いられる。

【0055】

複数個の光導波路型光スイッチ 1A～1N は、各エンドノード 66A～66N と複数の光信号が伝送される光バス 3 との間にそれぞれ接続されて、これらエンドノード 66A～66N と光バス 3 との間のスイッチングを行う。各光導波路型光スイッチ 1A～1N は、光バス 3 を伝送される制御信号によって選択的に動作

されることによって、例えばエンドノード 66A とエンドノード 66B との間で光信号の授受が行われるようにする。光導波路型光スイッチ 1 は、このようにして共有の光バス 3 を用いて複数のエンドノード 66A ～ 66N 間において光信号の授受を行う光信号伝送システム 65 等の構築を可能とする。

【0056】

光信号伝送システム 65 は、各エンドノード 66A ～ 66N が基板上に実装された各種の集積回路素子からなり、これら集積回路素子間において情報信号等を光信号によって相互に伝送するハイブリットモジュールを構成することを可能とする。光信号伝送システム 65 は、電気配線による寄生容量を低減し、信号伝送の高速化や高容量化を図ったハイブリットモジュールの提供を可能とする。

【0057】

上述した光導波路型光スイッチ 1 の製造方法について、図 13 乃至図 26 を参照して説明する。光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、供給された基板 2 の主面上 2a に第 1 光導波路層 4 を形成する第 1 光導波路層形成工程と、第 1 光導波路層 4 に第 1 電極層 8 を形成する第 1 電極層形成工程及び第 1 短絡防止層 9 を形成する第 1 短絡防止層形成工程とを有する。光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、第 1 光導波路層 4 上に中間層 6 を形成する中間層形成工程と、ギャップ部 7 を形成するギャップ部形成工程と、ギャップ部 7 に対して埋設材を充填して埋設層 70 を形成する埋設材充填工程と、中間層 6 と埋設層 70 とを研磨する研磨工程とを有する。

【0058】

光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、第 2 光導波路層 5 に形成する第 2 短絡防止層 11 を形成する第 2 短絡防止層形成工程及び第 2 電極層 10 を形成する第 2 電極層形成工程とを有する。光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、中間層 6 上に第 2 光導波路層 5 を形成する第 2 光導波路層形成工程と、埋設層 70 を除去して中間層 6 の一部にギャップ部 7 を形成するギャップ部形成工程とを有する。光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、ギャップ部 7 内に液体 16 を充填する液体充填工程と、開口部 61 を封止キャップ 62 によって封止する封止工程を有する。光導波路型光スイッチ 1 の製造工程は、第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層

5をそれぞれ貫通する第1ビア12と第2ビア13とを形成するビア形成工程が施される。

【0059】

光導波路型光スイッチ1の製造工程においては、第1光導波路層形成工程が、下部クラッド層18の形成工程と、コア17の形成工程と、上部クラッド層19の形成工程とからなる。製造工程は、図13に示すように例えばシリコン基板やガラス基板のように比較的高精度の平坦面を形成することが可能な基板2が供給され、この基板2の主面2a上に第1光導波路層4を構成する下部クラッド層18を形成する。下部クラッド層18は、導光性を有する適宜の樹脂材、例えばポリイミド樹脂、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリオレフィン樹脂或いはゴム系樹脂等の樹脂材料によって形成される。下部クラッド層18は、液状の樹脂材料を例えばスピコート法等の均一な膜厚を形成する塗布方法によって塗布した後に硬化させて形成される。

【0060】

製造工程は、図14に示すように下部クラッド層18上に複数本の個別光導波路を構成するコア17を形成する。コア17は、下部クラッド層18の樹脂材よりも屈折率の大きな導光性を有する感光性樹脂材が用いられ、例えば下部クラッド層18上に樹脂材を所定の厚みで塗布してコア樹脂材層を成膜形成し、このコア樹脂材層に相互に光干渉を生じない間隔を保持して各個別光導波路をパターンニングして形成される。なお、コア17は、感光性樹脂材を用いた場合には、ドライエッチング法等によって形成される。また、コア17は、例えば下部クラッド層18上にコア材を直接接合したり、下部クラッド層18にパターン溝を直接形成するとともにこの溝中に樹脂材料を充填して形成する等の種々の方法によって形成するようにしてもよいことは勿論である。

【0061】

製造工程は、図15に示すように下部クラッド層18上にコア17を封装して上部クラッド層19を形成する。上部クラッド層19は、コア17よりも屈折率が小さい上述した下部クラッド層18と同一の導光性を有する液状の樹脂材料が用いられ、この樹脂材料をスピコート法等の均一な膜厚を形成する塗布方法に



よって下部クラッド層 18 の主面上にコア 17 を完全に被覆するに足る厚みを以って成膜した後に硬化させて形成される。製造工程は、かかる工程によって基板 2 の主面 2 a 上に、コア 17 を下部クラッド層 18 と上部クラッド層 19 とによって封装してなる第 1 光導波路層 4 を形成する。

【0062】

製造工程は、上述した工程を経て形成した第 1 光導波路層 4 に、図 16 に示すように例えば透明導電膜材として用いられる ITO によって第 1 電極層 8 を形成する。第 1 電極層 8 は、上部クラッド層 19 上の所定領域に ITO 膜を形成し、この ITO 膜に塩酸等によるウェットエッチング処理を施して光信号の伝送方向に対して所定の長さ、詳細には上述した結合部の長さ L よりもやや大きな長さを以ってパターン形成される。

【0063】

製造工程は、第 1 電極層 8 上に、図 16 に示すように導光性を有する透明な絶縁材、例えば SiO_2 や SiN 等により透明絶縁層からなる第 1 短絡防止層 9 を形成する。第 1 短絡防止層 9 は、透明絶縁層に希フッ酸等によるウェットエッチング処理を施して光信号の伝送方向に対して所定の長さ、詳細には上述した結合部の長さ L よりもやや大きくかつ第 1 電極層 8 の長さよりもやや短い長さを以ってパターン形成される。第 1 短絡防止層 9 は、同図に示すように第 1 電極層 8 の一端側 8 a を大きく突出させて、後述するように第 1 ビア 12 の接続端子部を構成させる。

【0064】

製造工程は、図 17 に示すように第 1 光導波路層 4 と第 1 電極層 8 及び第 1 短絡防止層 9 を被覆して中間層 6 を形成する。中間層 6 は、第 1 光導波路層 4 と同様に導光性を有しかつその樹脂材と同等若しくは小さな屈折率を有する液状の樹脂材料が用いられ、この樹脂材料をスピコート法等の均一な膜厚を形成する塗布方法によって第 1 光導波路層 4 等の主面上に成膜した後に硬化させて形成される。なお、中間層 6 は、例えば第 1 光導波路層 4 を形成する樹脂材料を用いて形成してもよい。

【0065】

中間層 6 は、上述したように第 1 光導波路層 4 と第 2 光導波路層 5 とを、これらに伝送される光信号 S 1 1 と光信号 S 1 2 とが近接効果摂動を生じること無く伝送されるに足る厚みを有している。中間層 6 には、エッチング処理等が施されて、図 1 7 に示すように第 1 電極層 8 と第 1 短絡防止層 9 とを露出させてギャップ部 7 を構成する開口部 7 1 や、第 1 電極層 8 の突出された一端側 8 a を露出させて第 1 ビア 1 2 を形成する第 1 ビア孔 7 2 とがパターン形成される。なお、中間層 6 は、例えばレーザ加工等の適宜の方法によって開口部 7 1 や第 1 ビア孔 7 2 を形成するようにしてもよい。第 1 ビア孔 7 2 には、デスミア処理が施されるとともに、例えば無電解銅めっき等により孔内の導通処理が施される。

【0066】

製造工程は、図 1 8 に示すように中間層 6 に形成された開口部 7 1 や第 1 ビア孔 7 2 に、導電性の埋設材を充填して埋設層 7 0 を形成する。埋設層 7 0 は、例えば無電解銅めっきにより形成した Cu 層からなり、開口部 7 1 や第 1 ビア孔 7 2 の深さよりも大きな厚みを有して、中間層 6 の全面を被覆するようにして形成される。埋設層 7 0 は、同図に示すように開口部 7 1 や第 1 ビア孔 7 2 の対応部位と中間層 6 の表面部位との間に段差が付されて形成される。なお、埋設層 7 0 は、例えばめっきやスパッタ法或いは CVD 法等の金属膜形成技術によって孔内の導電処理を行った後に導電性の埋設材を充填して形成してもよい。

【0067】

したがって、製造工程は、後述する第 2 光導波路層形成工程において精密な第 2 光導波路層 5 を形成するために、図 1 9 に示すようにこの中間体の主面を平坦化する研磨処理を施す。研磨処理は、樹脂材からなる中間層 6 と金属膜からなる埋設層 7 0 とを同時に研磨して平坦化することから、例えば Cu 層を選択的に研磨することが可能な化学—機械研磨処理（CMP:Chemical-Mechanical Polishing）法等が採用される。研磨処理は、同図に示すように中間層 6 と開口部 7 1 や第 1 ビア孔 7 2 に充填された埋設層 7 0 とが同一面を構成するように平坦化する。

【0068】

製造工程は、図 2 0 に示すように平坦化された中間層 6 と埋設層 7 0 上に第 1 光導波路層 4 側の第 1 短絡防止層 9 と対向して導光性を有する SiO₂ や SiN

或いは光導波路層を形成する樹脂材等によって、第2短絡防止層11を形成する。第2短絡防止層11も、絶縁樹脂層にウェットエッチング処理を施して光信号の伝送方向に対して所定の長さ、詳細には上述した結合部の長さLよりもやや大きく、第1短絡防止層9と同長にパターン形成されてなる。

【0069】

製造工程は、図20に示すように第2短絡防止層11上に、第1光導波路層4側の第1電極層8と対向してITOによって第2電極層10を形成する。第2電極層10も、ITO膜にウェットエッチング処理を施して光信号の伝送方向に対して所定の長さ、詳細には上述した結合部の長さLよりもやや大きな長さを以ってパターン形成される。第2電極層10は、第1電極層8とほぼ同等の長さを有しているが、同図に示すように突出部8aと対向する部位側10a側が第2短絡防止層11から突出されて形成されている。第2電極層10は、この突出部位10aが後述するように第2ビア13との接続端子部として構成される。

【0070】

製造工程は、平坦化された中間層6と第2電極層10上に第2光導波路層5が精密に形成される。第2光導波路層5の形成工程は、上部クラッド層21の形成工程と、コア20の形成工程と、下部クラッド層22の形成工程とからなる。製造工程は、図21に示すように上部クラッド層21が、導光性を有するポリイミド樹脂、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリオレフィン樹脂或いはゴム系樹脂等の液状樹脂材料が用いられて、スピンコート法等の均一な膜厚を形成する塗布方法によって塗布した後に硬化させて形成される。

【0071】

製造工程は、図22に示すように上部クラッド層21上に複数本の個別光導波路を構成するコア20を形成する。コア20は、上部クラッド層21の樹脂材よりも屈折率の大きな導光性を有する感光性樹脂材が用いられ、上部クラッド層21上に樹脂材を所定の厚みで塗布してコア樹脂材層を成膜形成し、このコア樹脂材層に相互に光干渉を生じない間隔を保持して各個別光導波路をパターンニングして形成される。コア20は、各個別光導波路が第1光導波路層4側の各個別光導波路とそれぞれ上下方向に対をなすようにして形成される。

【0072】

なお、コア20については、上述した第1光導波路層4側のコア17と同様に感光性樹脂材を用いた場合には、ドライエッチング法等によって形成される。また、コア20は、例えば上部クラッド層21上にコア材を直接接合したり、上部クラッド層21にパターン溝を直接形成するとともにこの溝中に樹脂材料を充填して形成する等の種々の方法によって形成するようにしてもよいことは勿論である。

【0073】

製造工程は、図23に示すように上部クラッド層21上にコア20を封装して下部クラッド層22を形成する。下部クラッド層22も、コア20よりも屈折率が小さい上述した上部クラッド層21と同一の導光性を有する液状の樹脂材料が用いられ、この樹脂材料をスピコート法等の均一な膜厚を形成する塗布方法によって上部クラッド層21の主面上にコア20を完全に被覆するに足る厚みを以って成膜した後に硬化させて形成される。製造工程は、かかる工程を経て中間層6上にコア20を上部クラッド層21と下部クラッド層22とによって封装してなる第2光導波路層5を形成する。

【0074】

製造工程は、エッチング処理等が施されて、図24に示すように第2光導波路層5の上部クラッド層21と下部クラッド層22とを貫通する第2ビア孔73と第3ビア孔74及び中間層6に形成した開口部71に連通する銅取出し孔75とをパターン形成する。これら各孔73、74、75は、いずれもコア20をよけた位置にそれぞれ形成されることは勿論である。なお、銅取出し孔75は、同図(B)に示すように開口部71の両側に位置して2個を形成したが、1個を形成したりさらに多数個を形成してもよい。

【0075】

第2ビア孔73は、中間層6に形成されて埋設材が充填された第1ビア孔72に連通するように形成され、後述するように第1ビア孔72と共同して第1ビア12を構成する。第3ビア孔74は、第2電極層10の突出された一端側10aを露出させるようにして、上部クラッド層21と下部クラッド層22とを貫通し

て形成される。銅取出し孔 75 は、図 24 (B) に示すように第 2 電極層 10 や第 2 短絡防止層 11 の外側に位置して、埋設材が充填された開口部 71 に連通するようにして複数個が形成される。

【0076】

製造工程は、第 2 ビア孔 73 と第 3 ビア孔 74 とにデスミア処理を施すとともに、例えば無電解銅めっき処理を施して図 25 に示すように各孔 73、74、75 内を銅層 76 で充填する。銅層 76 は、第 2 ビア孔 73 の底部において第 1 ビア孔 72 に充填された銅層からなる埋設層 70 と一体化するとともに、銅取出し孔 75 の底部において開口部 71 に充填された埋設層 70 と一体化する。銅層 76 は、第 2 光導波路層 5 の下部クラッド層 22 上にも薄膜状態で形成される。

【0077】

製造工程は、図 26 に示すように下部クラッド層 22 上に形成された銅層 76 に CMP 研磨処理を施して平坦化を行う。なお、製造工程は、第 2 光導波路層 5 上に光導波路層を多層に形成したり、電気回路パターンを形成しない場合には、特に銅層 76 を研磨する工程を行わなくてもよい。

【0078】

製造工程は、エッチング処理を施して、図 27 に示すように開口部 71 に充填された埋設層 70 と銅取出し孔 75 に充填された銅層 76 のみを選択的に除去する。エッチング処理は、例えば塩化鉄溶液を用いてウェットエッチングを行って埋設層 70 を形成する銅や銅取出し孔 75 に充填形成された銅層 76 の銅を溶解する。製造工程は、銅取出し孔 75 を介して溶解した銅を開口部 71 から取り出すことにより、この開口部 71 にギャップ部 7 を構成する。エッチング処理においては、事前に第 2 ビア孔 73 と第 3 ビア孔 74 とにマスキングを施すことにより、これらに充填された銅層 76 が溶解されないようにする。なお、エッチング処理は、エッチング液に、例えば硝酸溶液や硫酸溶液等の酸溶液を用いてもよい。

【0079】

製造工程は、上述したように主面 2a が平坦化された基板 2 を用いることによって精度の高い第 1 光導波路層 4 を形成し、この第 1 光導波路層 4 上に中間層 6

を介して所定の間隔に保持されるとともに一部がギャップ部 7 を介して対向される第 2 光導波路層 5 を積層形成することによって高精度の光導波路型光スイッチ 1 を製造する。製造工程は、第 2 光導波路層 5 上に、上述した各工程を施すことによって、光導波路層を多層に形成することが可能である。

【0080】

製造工程は、銅取出し孔 7 5 を利用してギャップ部 7 内に液体 1 6 を注入するとともに銅取出し孔 7 5 を封止キャップ 6 2 によって封止することによって、上述した光導波路型光スイッチ 6 0 を製造する。

【0081】

埋設層 7 0 は、中間層 6 上に第 2 光導波路層 5 を形成するためのベース部位として中間層 6 に形成した開口部 7 1 に充填されて工程途中で重要に機能するが、除去されることによってギャップ部 7 を構成する。埋設層 7 0 は、上述した製造工程では第 1 ビア孔 7 2 乃至第 3 ビア孔 7 4 に充填されて第 1 ビア 1 2 や第 2 ビア 1 3 を形成する銅層を利用して形成したが、かかる銅層に限定されるものではない。埋設層 7 0 は、例えばドライエッチング処理やウェットエッチング処理を施すことによって選択的に除去可能な適宜の金属材或いは樹脂材を用いて形成することが可能である。

【0082】

なお、上述した実施の形態においては、各光導波路をコアを屈折率を異にしたクラッド材によって封装したいわゆる光閉込め型光導波路によって構成したが、ストリップ型光導波路やチャンネル型光導波路等の適宜の光導波路によって構成してもよいことは勿論である。また、実施の形態においては、層内に形成したギャップ部を介して所定の対向間隔を保持されて対向する光導波路の対向面にそれぞれ電極層を形成し、これら電極層の間に生じる静電力によって光導波路を接離駆動する駆動部を構成している。駆動部については、例えば一方の光導波路を押圧して機械的に駆動するような構造であってもよい。

【0083】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように本発明によれば、中間層に形成したギャップ部を介

して互いに近接効果摂動が生じ無い間隔に保持されて対向する光導波路を、駆動手段によって少なくとも一方の光導波路を駆動して相対する他方の光導波路側へと移動させてこれら光導波路間において近接効果摂動を生じさせて伝送される光信号の結合が行われるように構成したことから、構造簡易で精密かつ小型化が図られ、結合部位において損失の低減を図って光信号の切換や変換が高精度に行われる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態として示す光導波路型光スイッチの要部縦断面図である。

【図 2】

光導波路型光スイッチの要部縦断面図である。

【図 3】

光導波路型光スイッチの一部切欠き要部平面図である。

【図 4】

光導波路型光スイッチのスイッチング動作の説明図であり、非スイッチング動作状態を示す。

【図 5】

光導波路型光スイッチのスイッチング動作の説明図であり、スイッチング動作状態を示す。

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態として示す 3 層光導波路型光スイッチの要部縦断面図である。

【図 7】

光導波路型光スイッチのスイッチング動作の説明図であり、非スイッチング動作状態を示す。

【図 8】

光導波路型光スイッチのスイッチング動作の説明図であり、第 1 光導波路と第 2 光導波路間のスイッチング動作状態を示す。

【図 9】

光導波路型光スイッチのスイッチング動作の説明図であり、第 2 光導波路と第 3 光導波路間のスイッチング動作状態を示す。

【図 1 0】

本発明の第 3 の実施の形態として示す光導波路型光スイッチの要部縦断面図である。

【図 1 1】

本発明の第 4 の実施の形態として示す光導波路型光スイッチの要部縦断面図である。

【図 1 2】

光導波路型光スイッチを用いた光信号伝送システムの構成図である。

【図 1 3】

光導波路型光スイッチの製造工程の説明図であり、基板上に第 1 光導波路層の下部クラッド層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 4】

下部クラッド層上にコアを形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 5】

下部クラッド層上にコアを封装する上部クラッド層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 6】

上部クラッド層上に第 1 電極層と第 1 短絡防止層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 7】

上部クラッド層上に中間層とギャップ部及び第 1 ビア孔とを形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 8】

ギャップ部と第 1 ビア孔とを埋設する銅層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 1 9】

銅層の研磨工程を説明する要部縦断面図である。

【図 20】

中間層上に第2光導波路層側の第2電極層と第2短絡防止層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 21】

中間層上に上部クラッド層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 22】

上部クラッド層上にコアを形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 23】

上部クラッド層上にコアを封装する下部クラッド層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 24】

第2ビア孔と第3ビア孔及び銅取出し孔を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 25】

第2ビア孔と第3ビア孔及び銅取出し孔とを埋設する銅層を形成する工程を説明する要部縦断面図である。

【図 26】

銅層の研磨工程を説明する要部縦断面図である。

【図 27】

ギャップ部と銅取出し孔とから銅層を除去する工程を説明する要部縦断面図である。

【符号の説明】

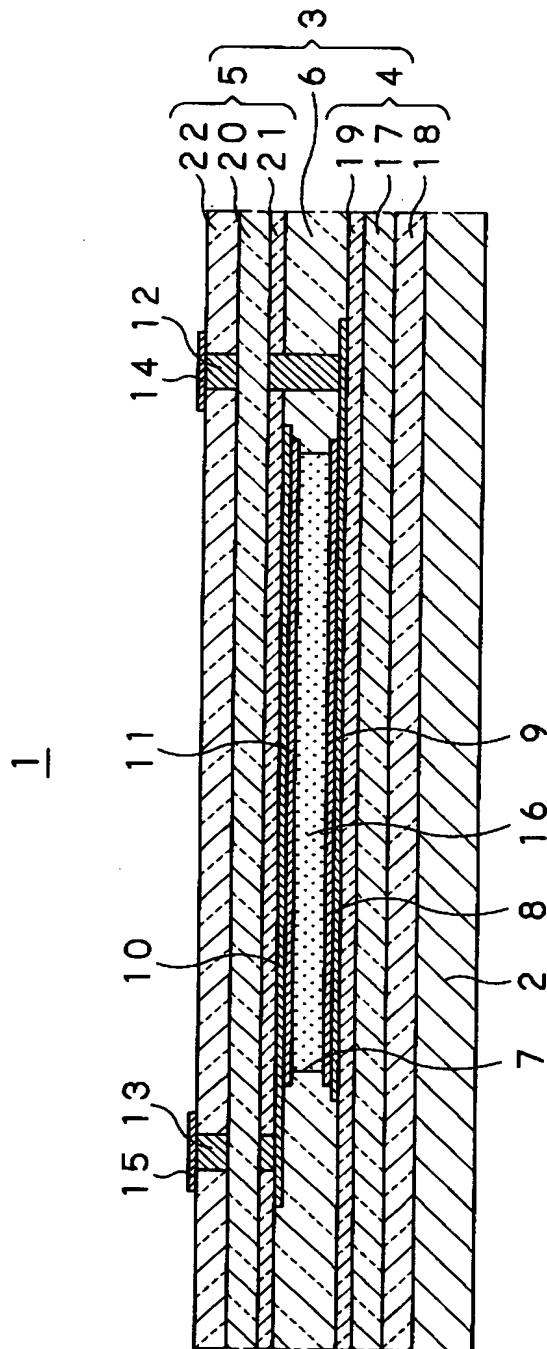
1 光導波路型光スイッチ、2 基板、3 光学バス、4 第1光導波路層、5 第2光導波路層、6 中間層、7 ギャップ部、8 第1電極層、9 第1短絡層、10 第2電極層、11 第2短絡防止層、12 第1ビア、13 第2ビア、16 液体、17 コア、18 下部クラッド層、19 上部クラッド層、20 コア、21 上部クラッド層、22 下部クラッド層、25 光導波路型光スイッチ、27 第1中間層、28 第2中間層、29 第1光導波路層、

3 0 第 2 光導波路層、3 1 第 3 光導波路層、3 2 第 1 ギャップ部、3 3
第 2 ギャップ部、5 5 光導波路型光スイッチ、6 0 光導波路型光スイッチ、
6 2 封止キャップ、7 0 埋設層、7 1 開口部、7.2 第 1 ビア孔、7 3
第 2 ビア孔、7 4 第 3 ビア孔、7 5 銅取出し孔、7 6 銅層

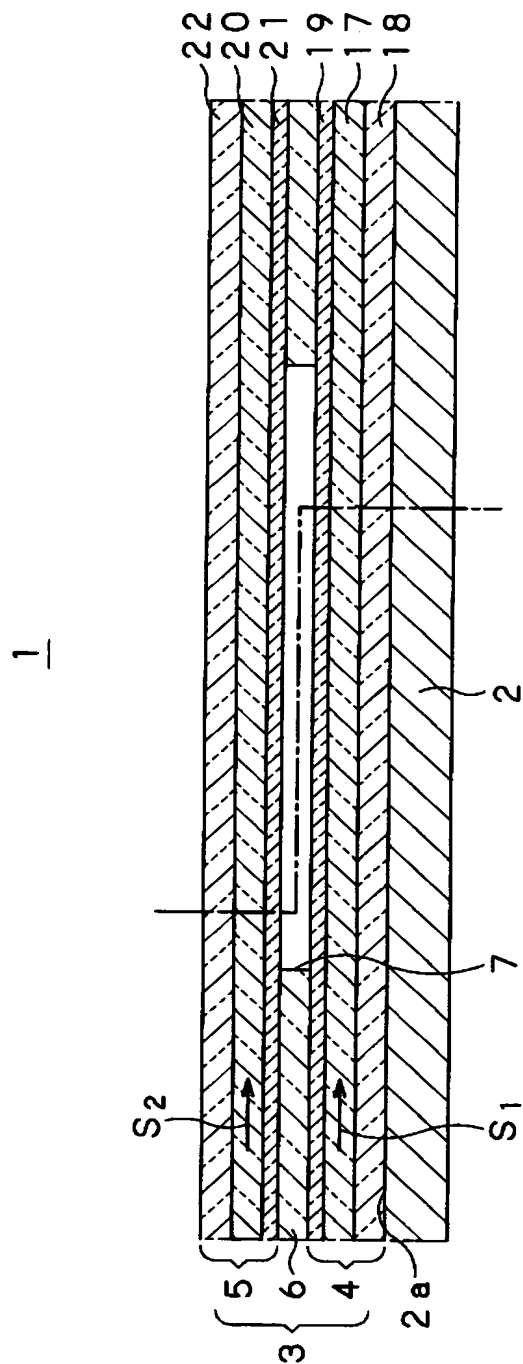
【書類名】

図面

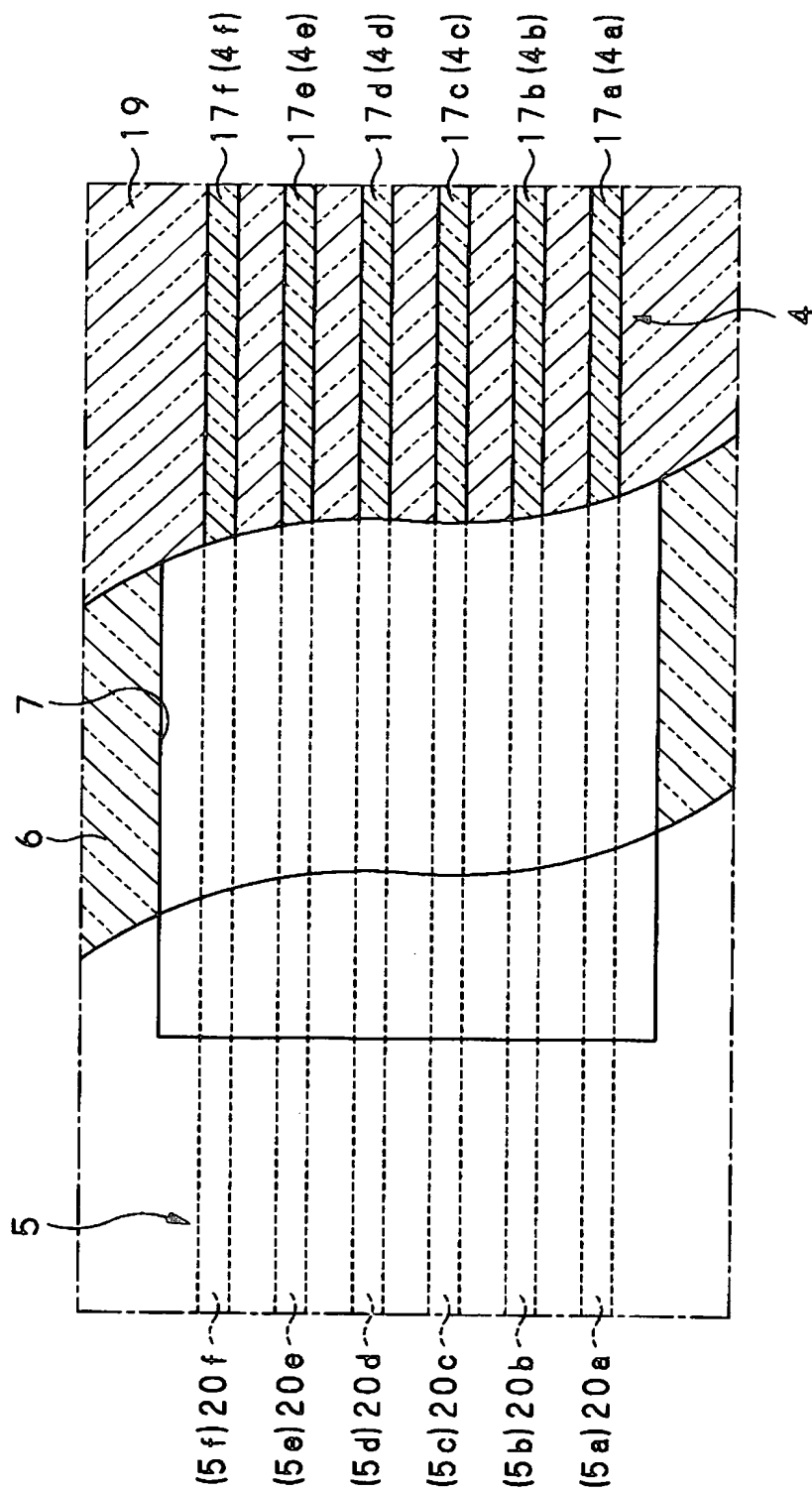
【図 1】



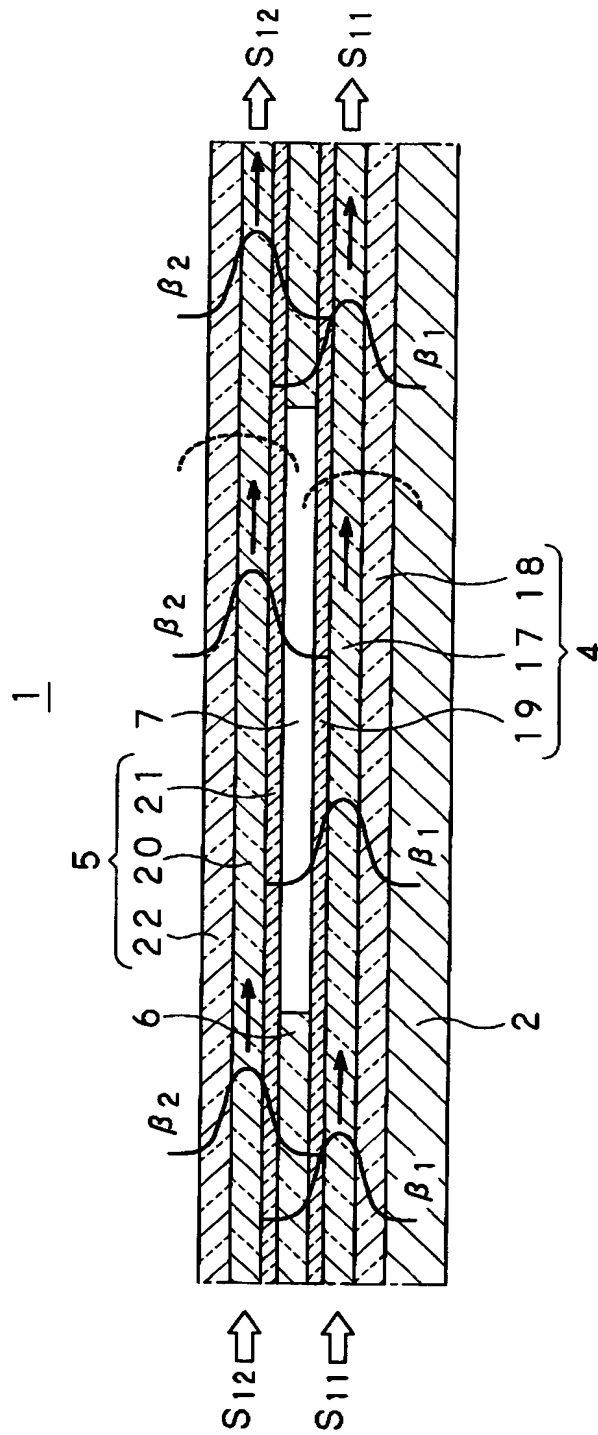
【図 2】



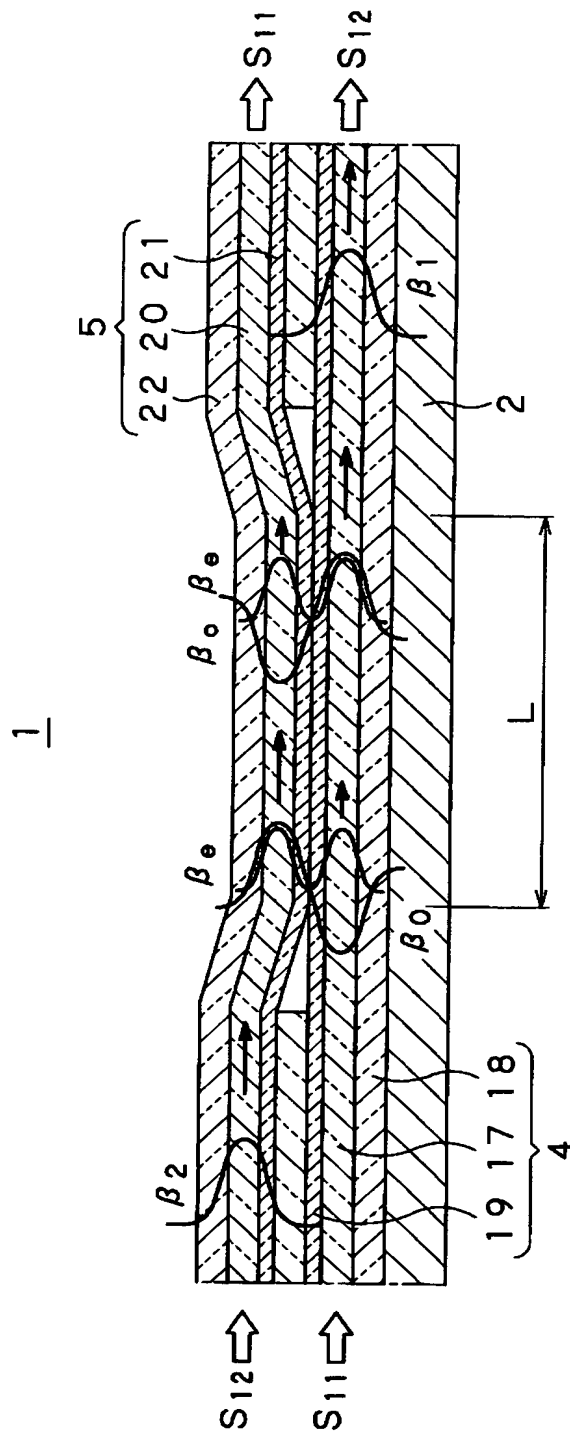
【図 3】



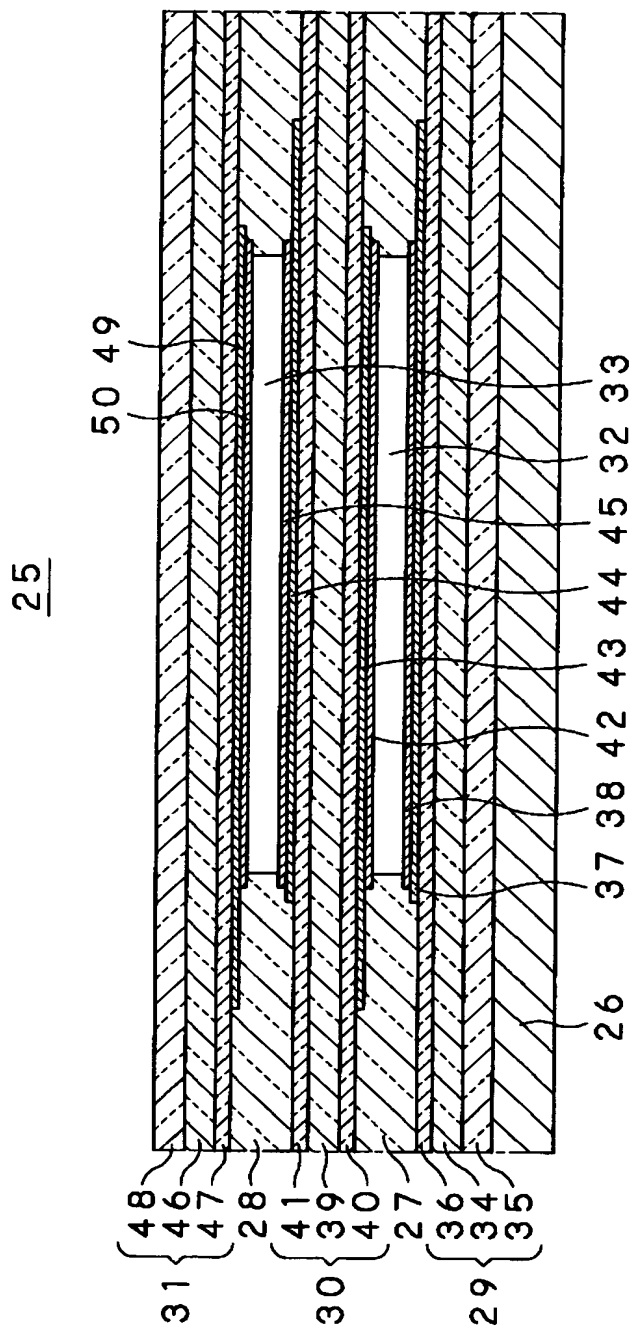
【図 4】



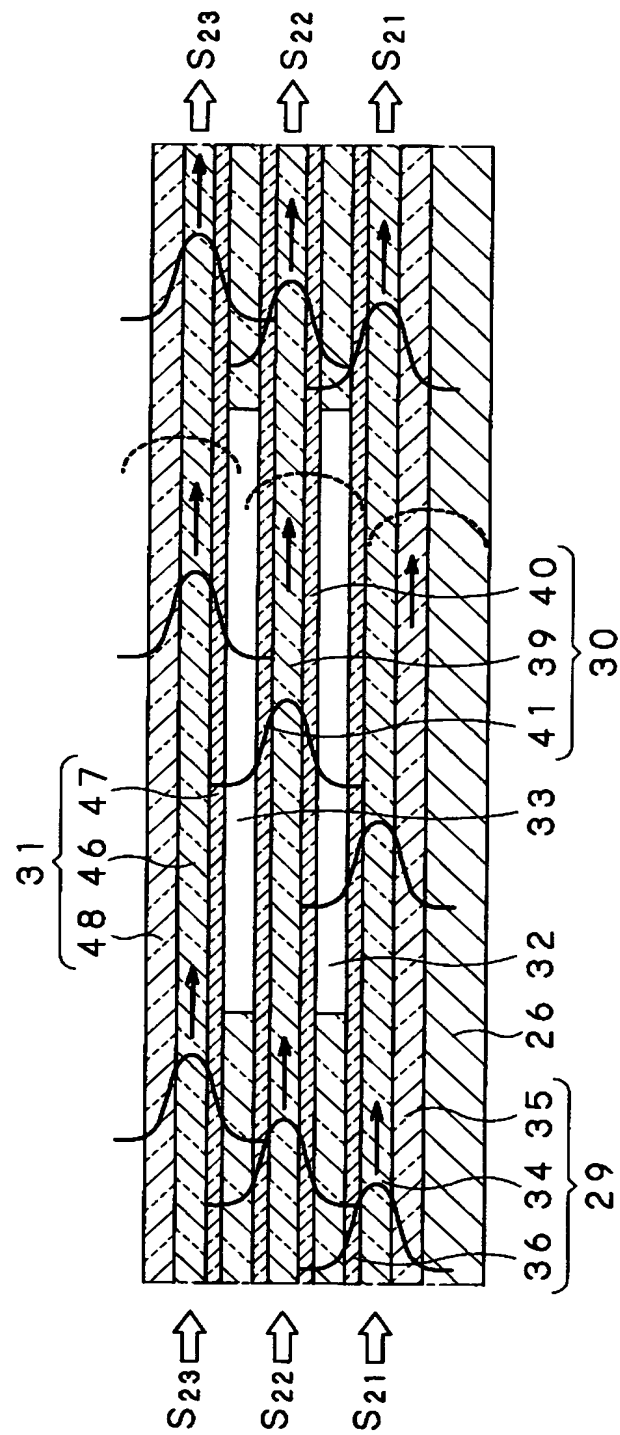
【図 5】



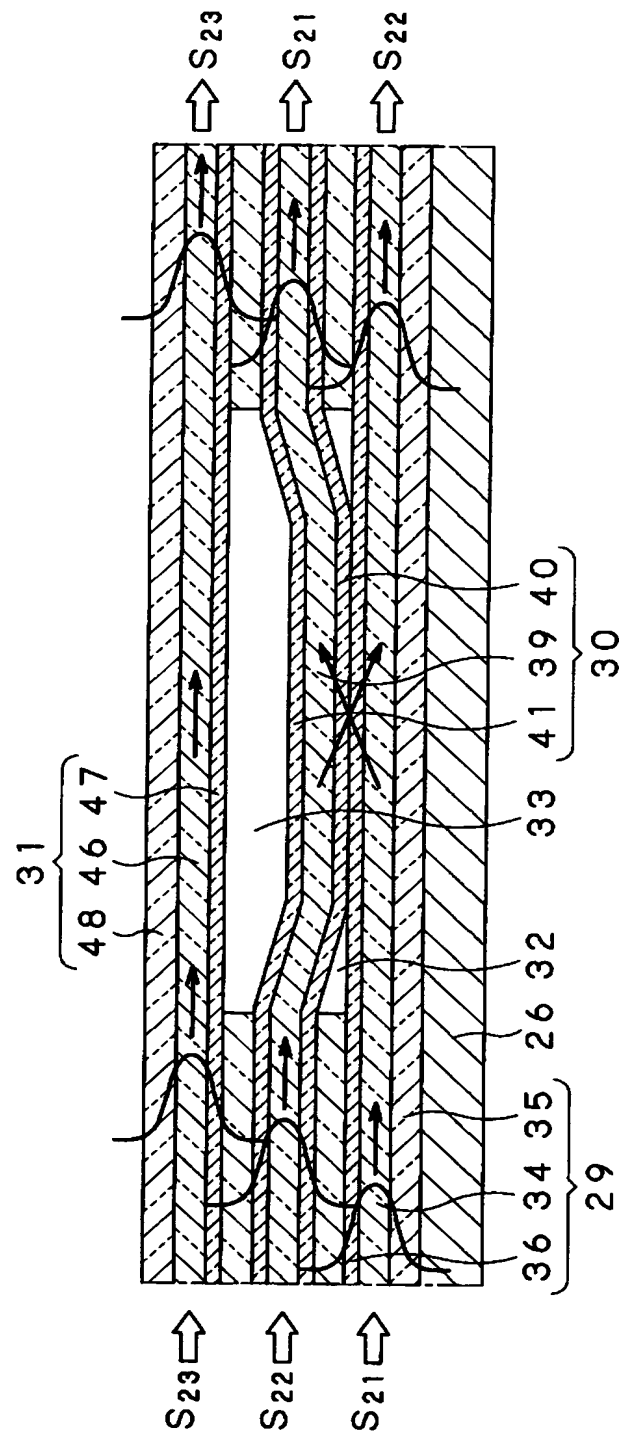
【図 6】



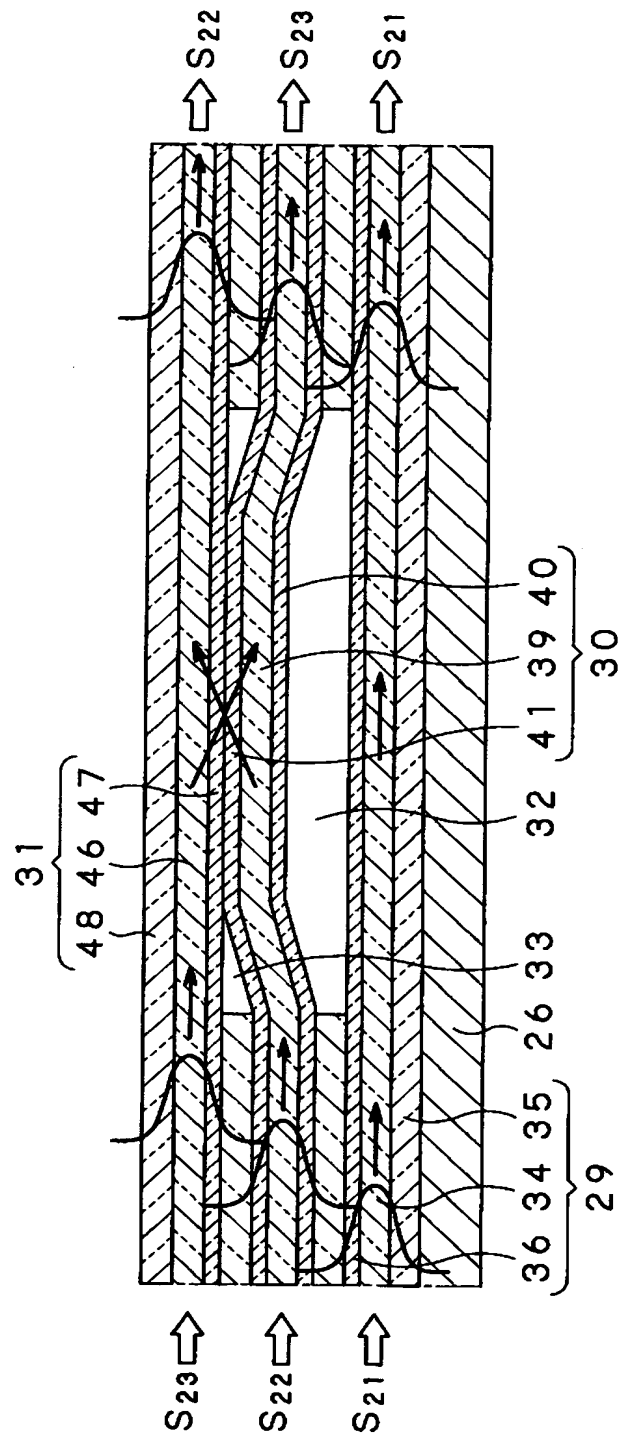
【図 7】



【図 8】

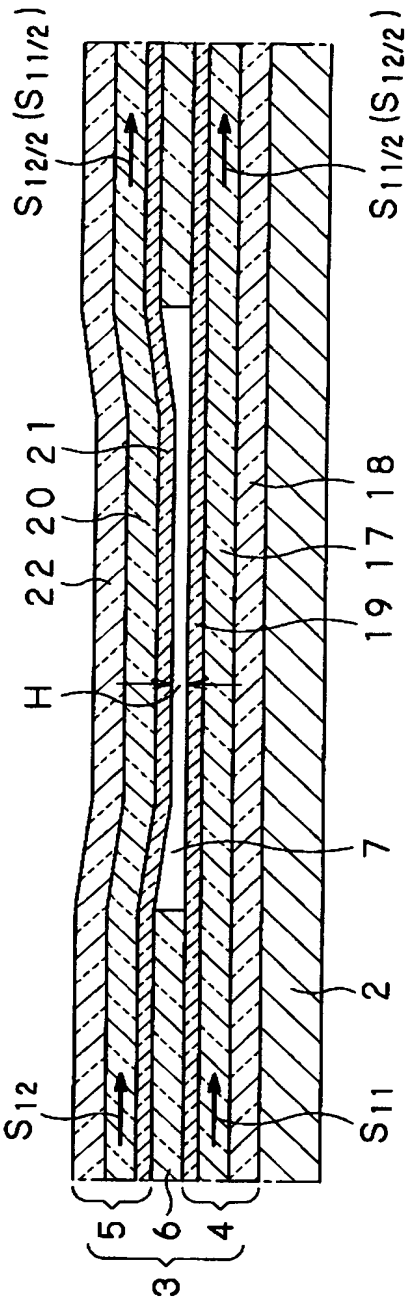


【図 9】

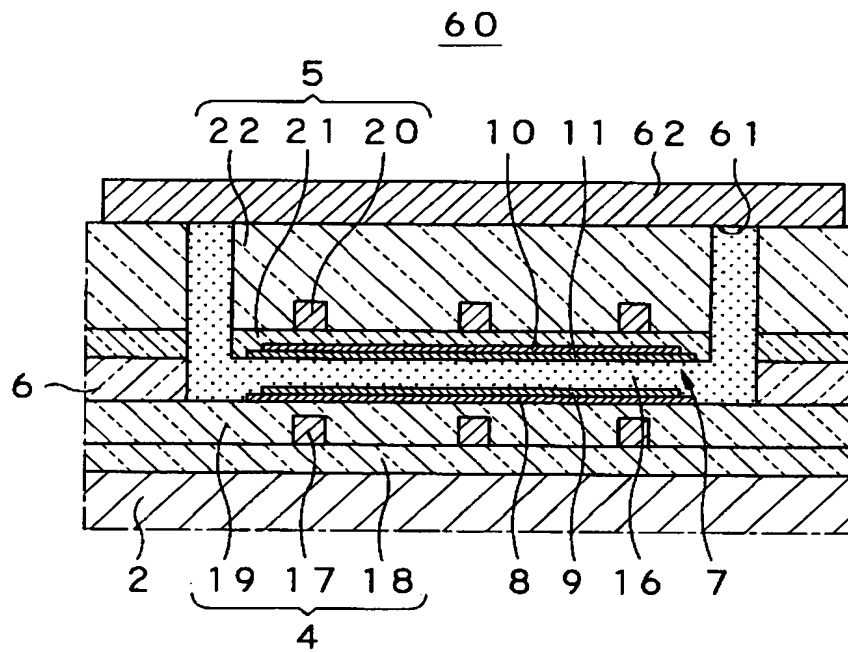


【図 10】

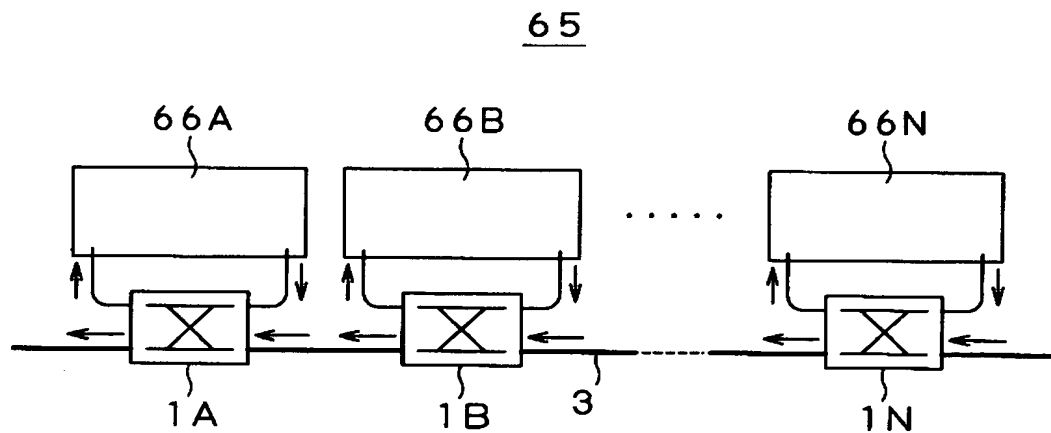
55



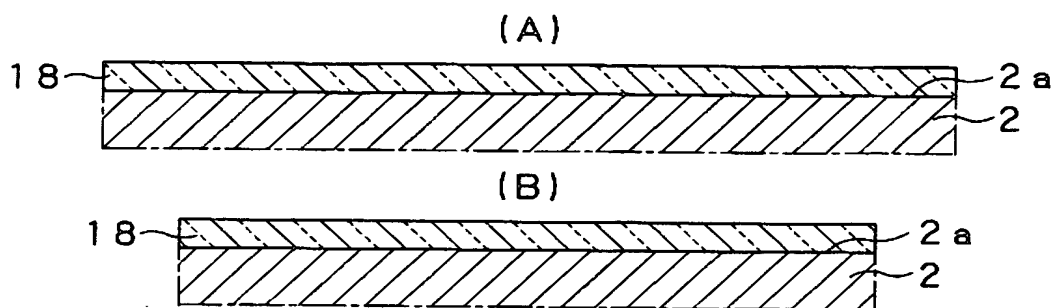
【図 11】



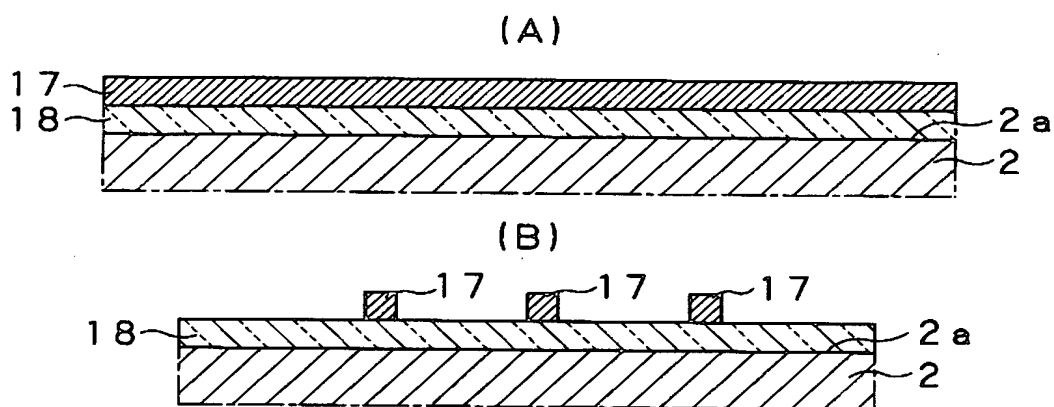
【図 12】



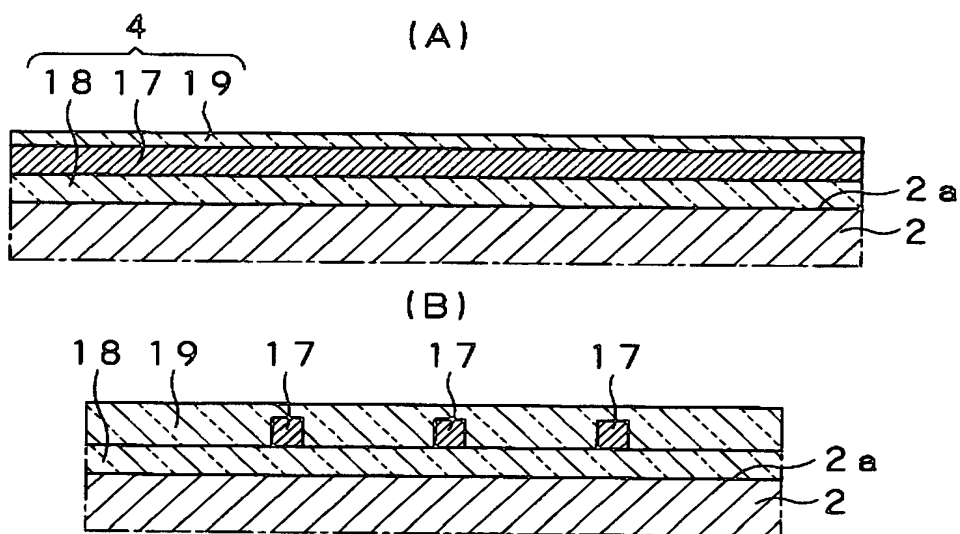
【図 13】



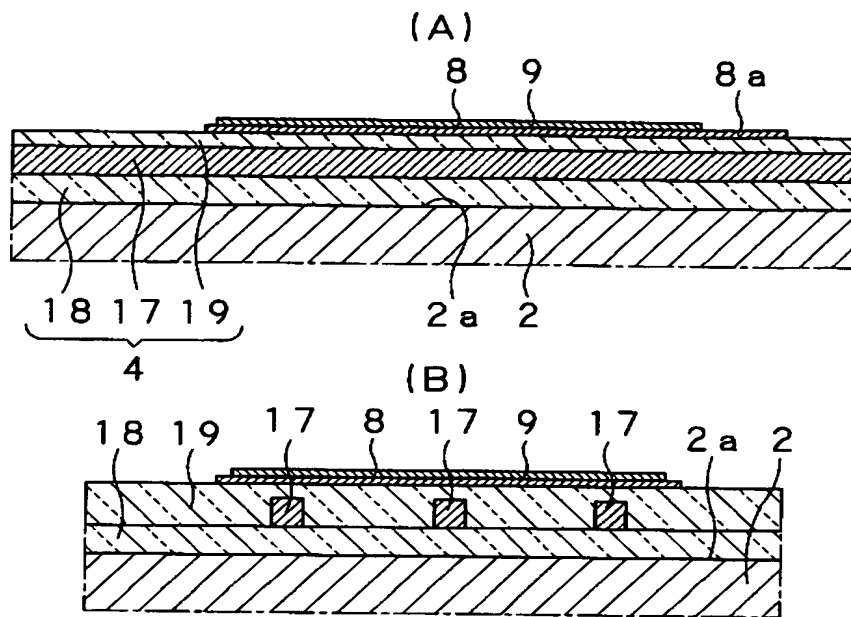
【図 14】



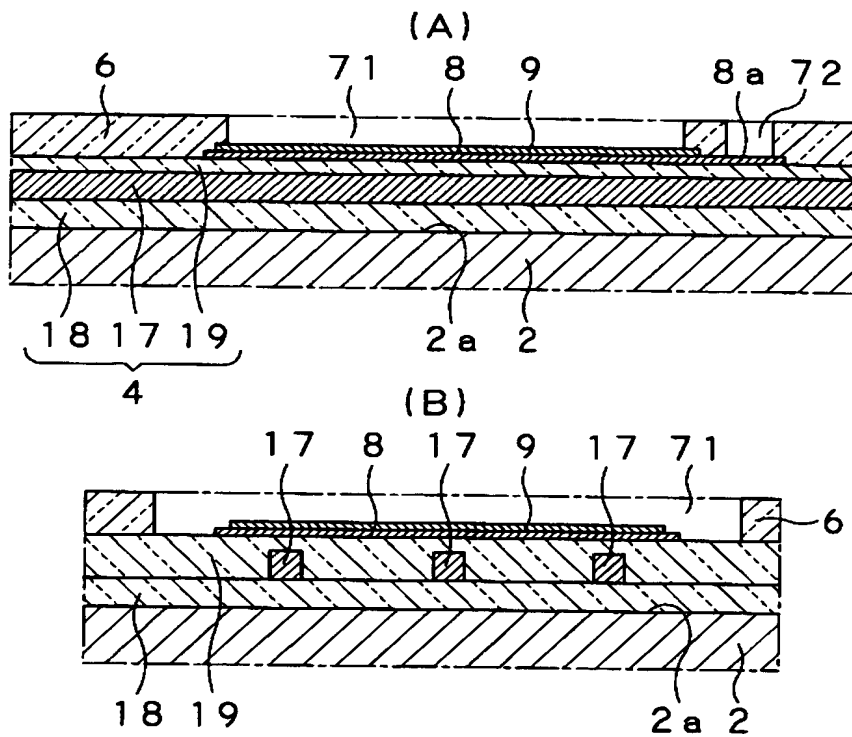
【図 15】



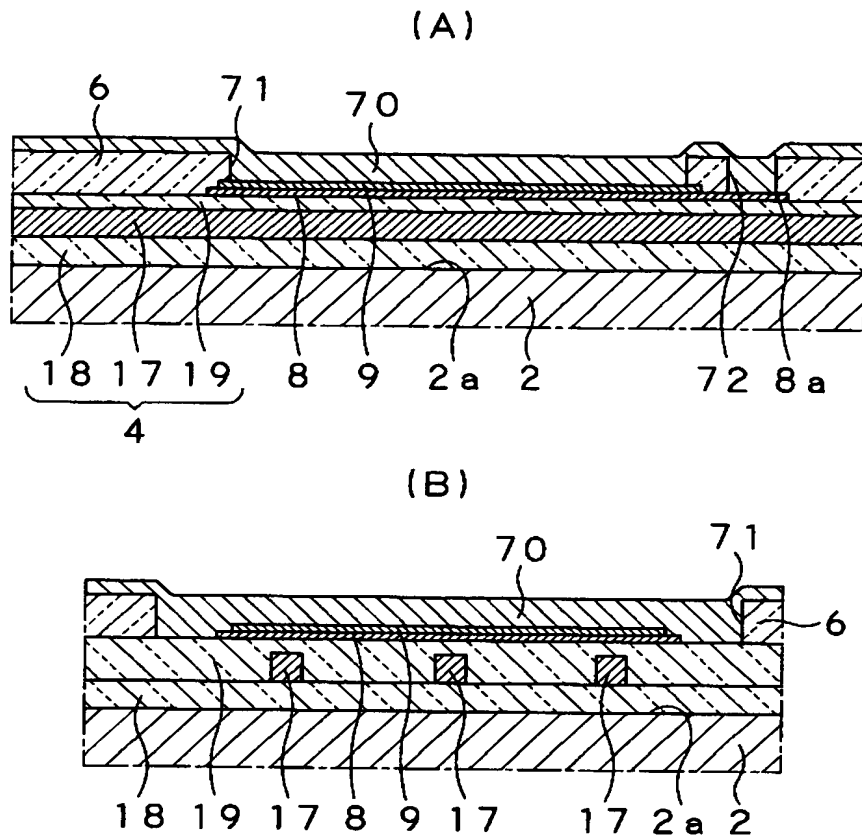
【図 16】



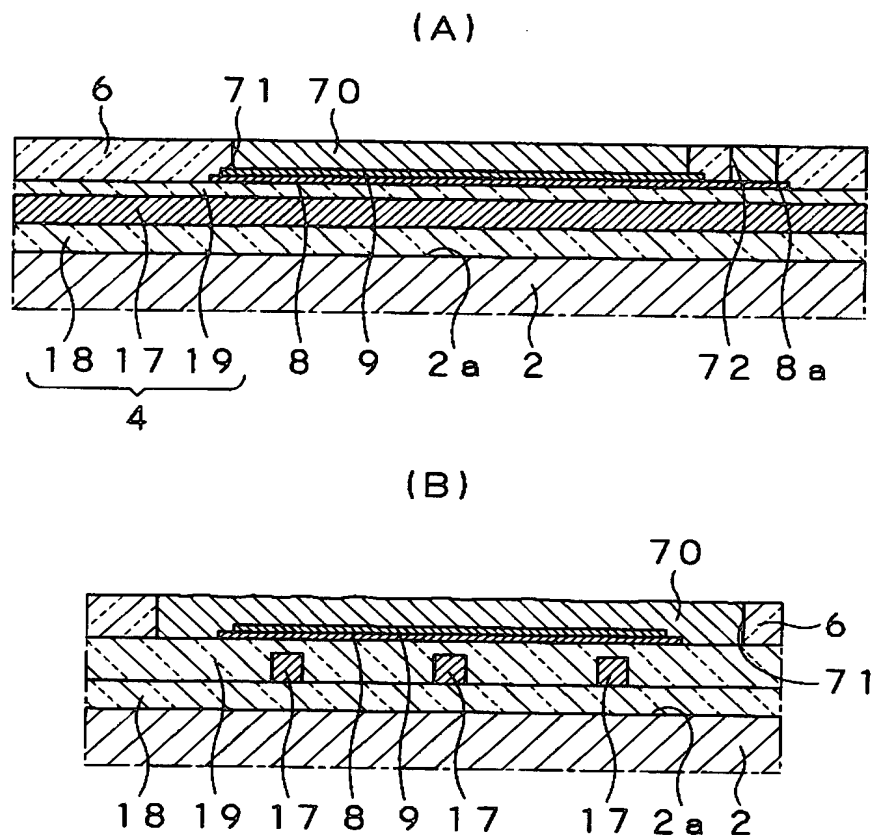
【図 17】



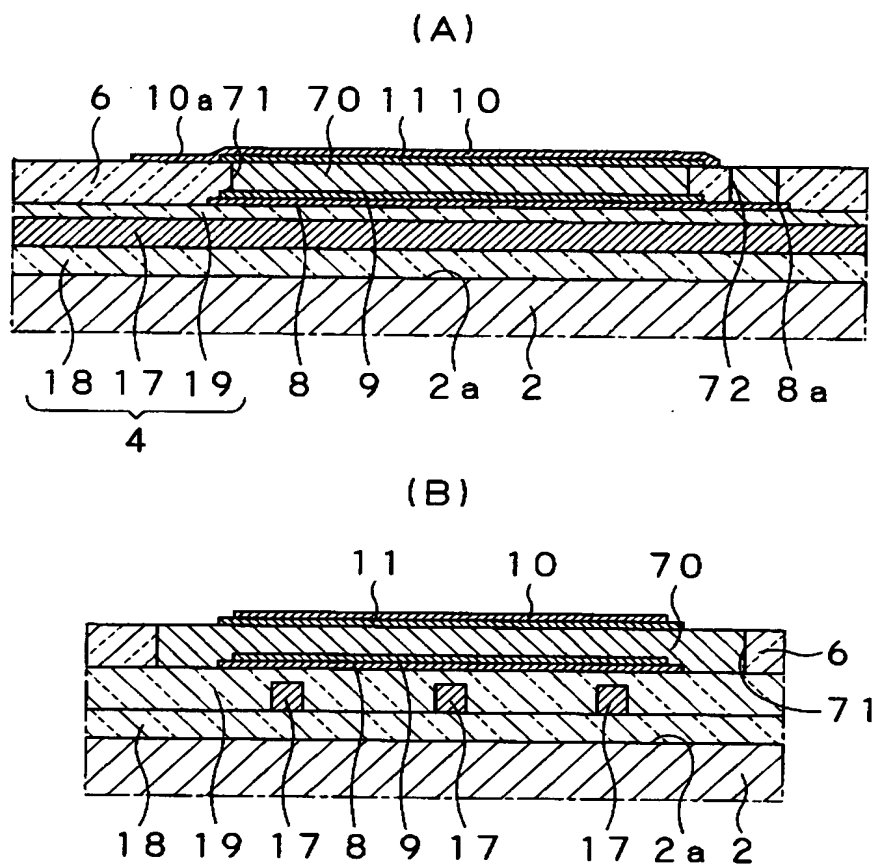
【図 18】



【図 19】

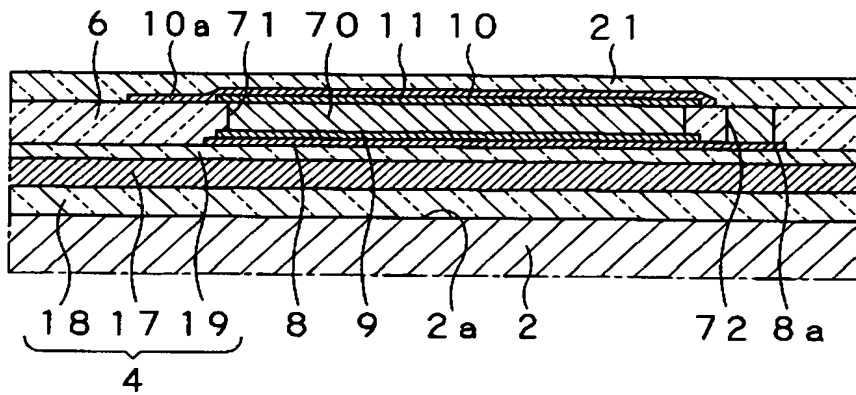


【図 20】

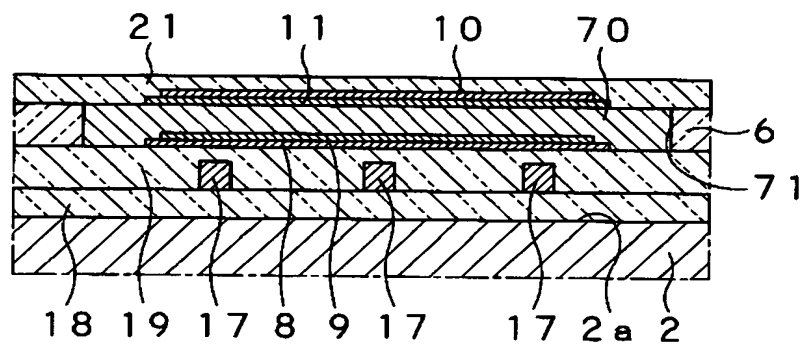


【図 21】

(A)

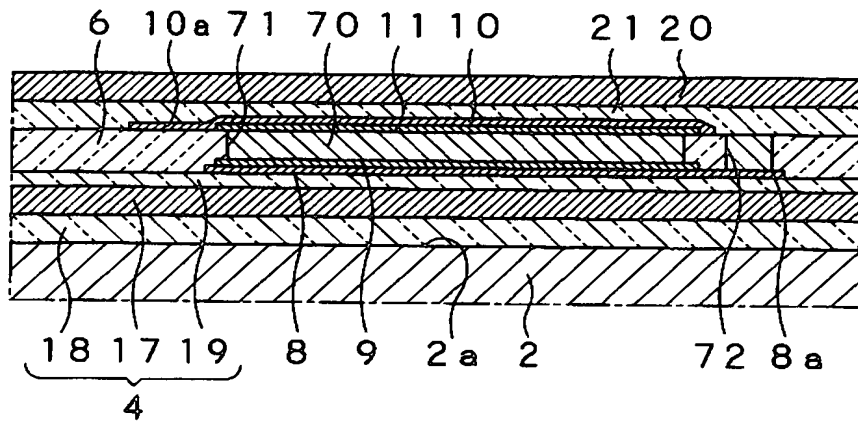


(B)

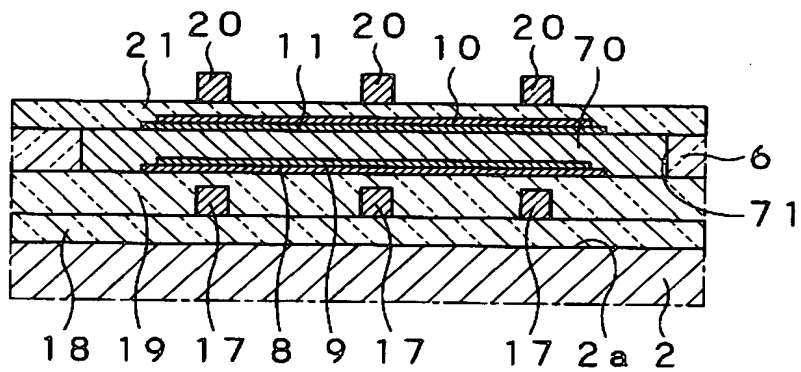


【図 22】

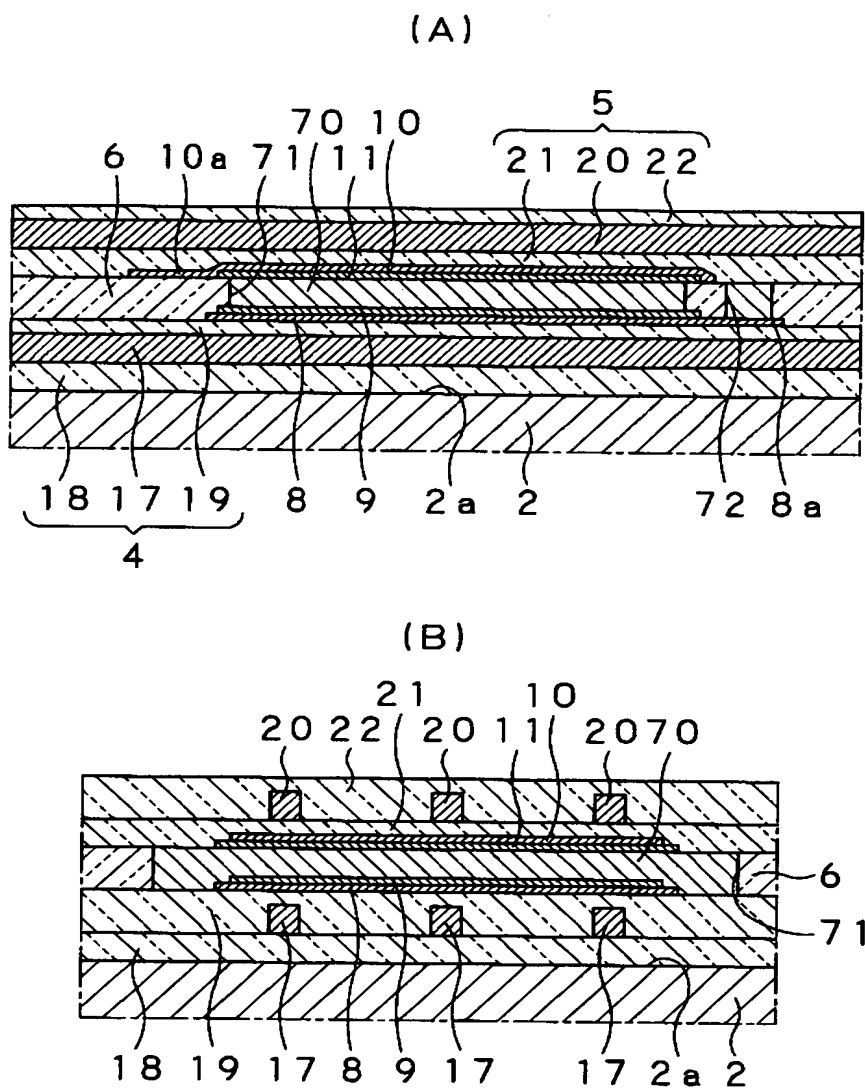
(A)



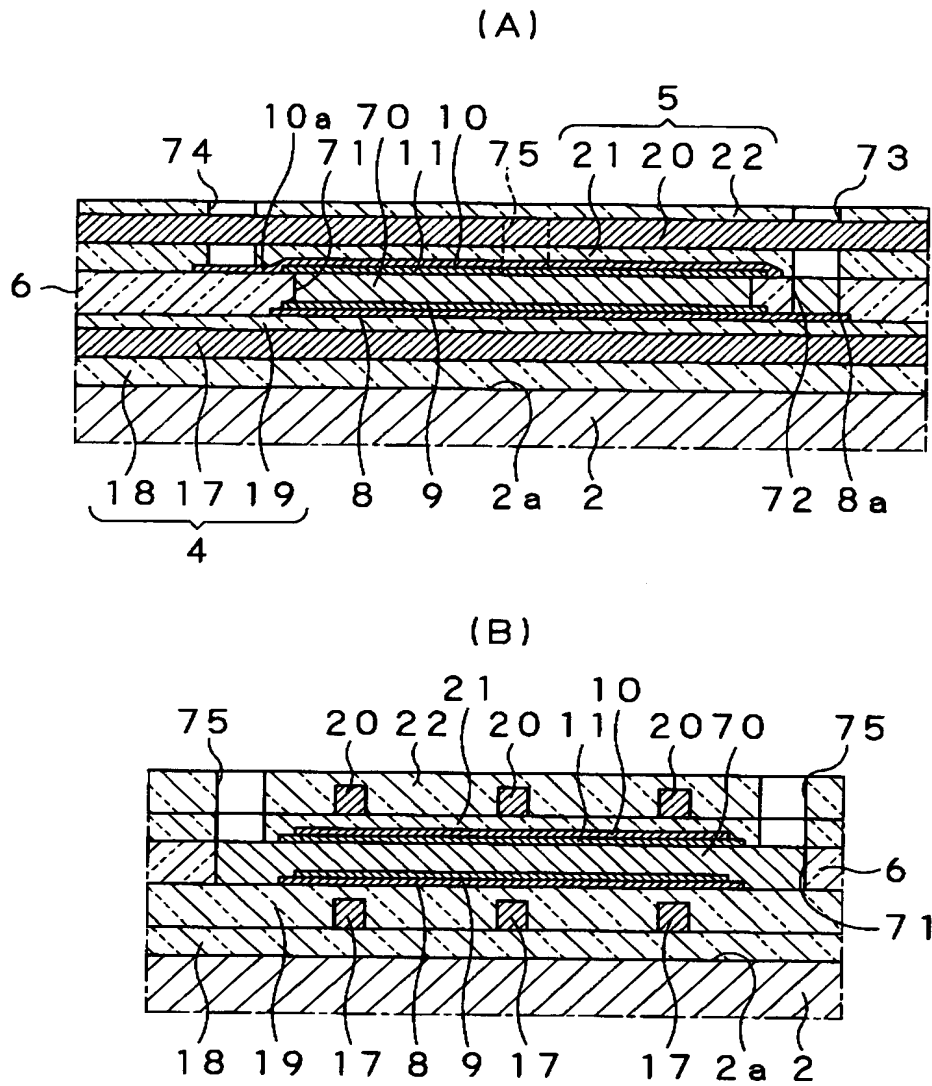
(B)



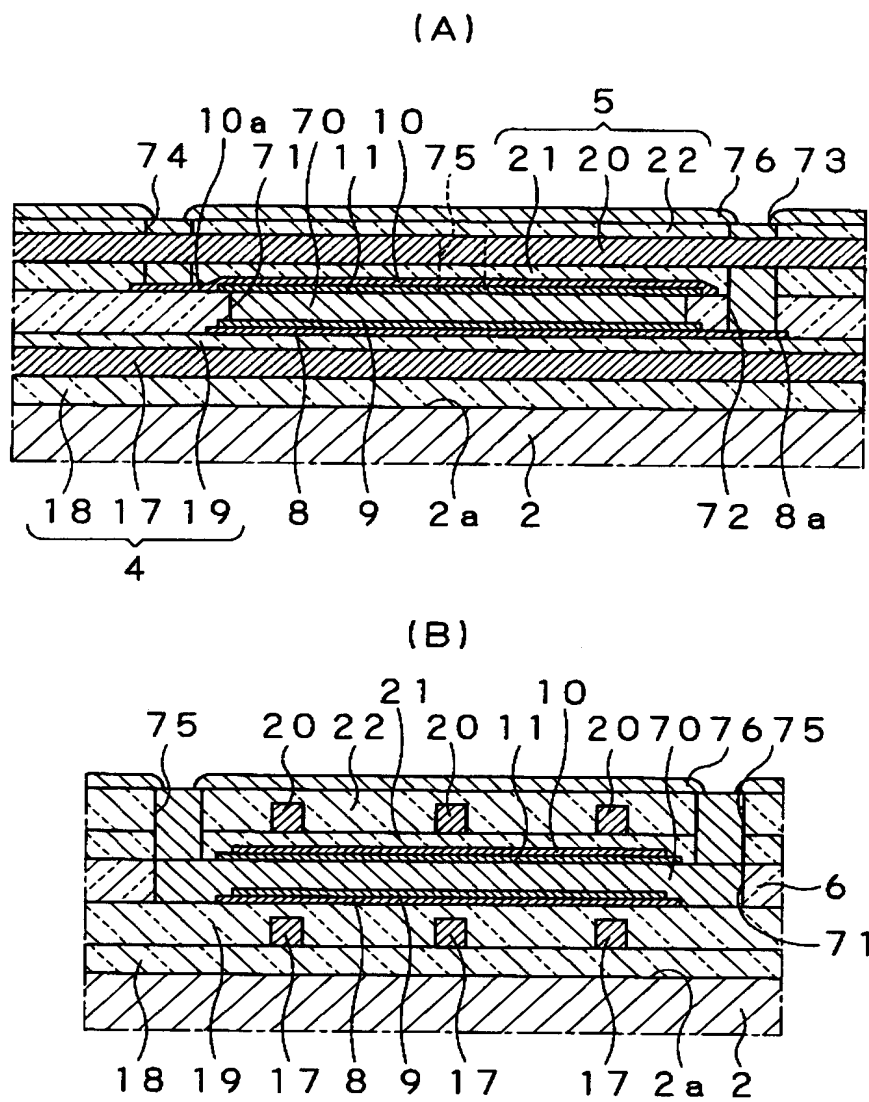
【図 23】



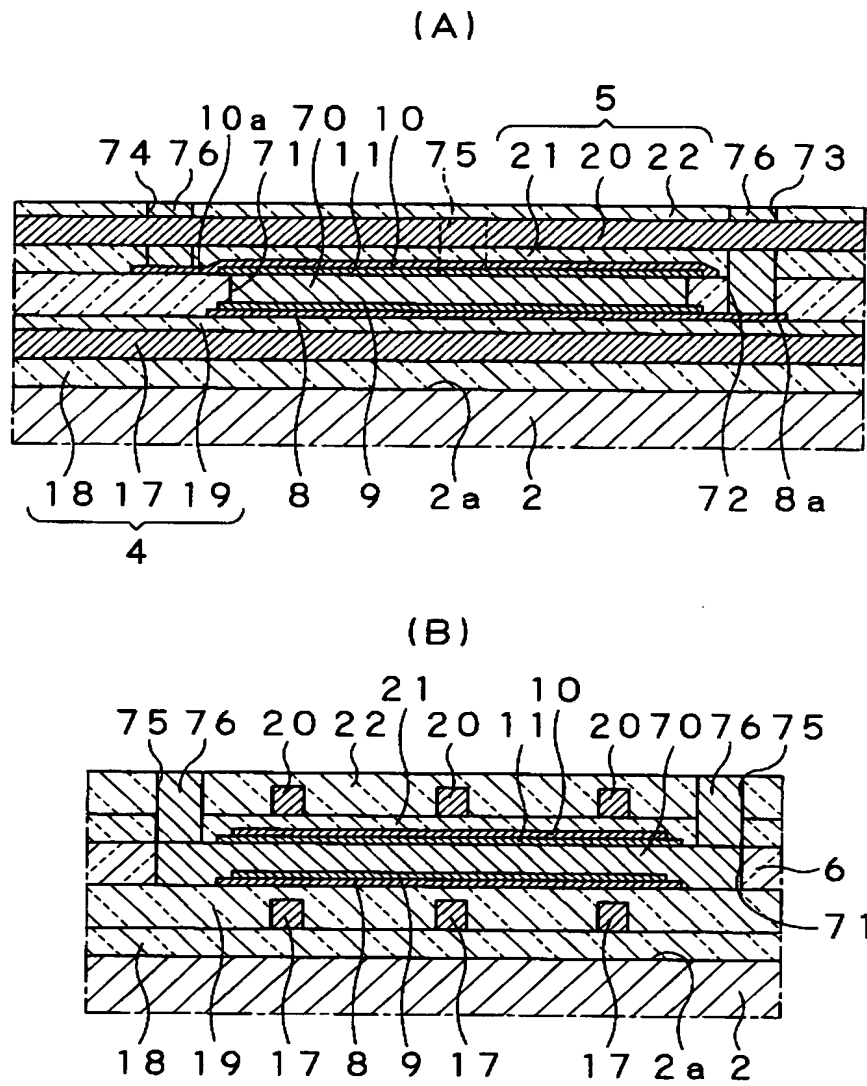
【図 24】



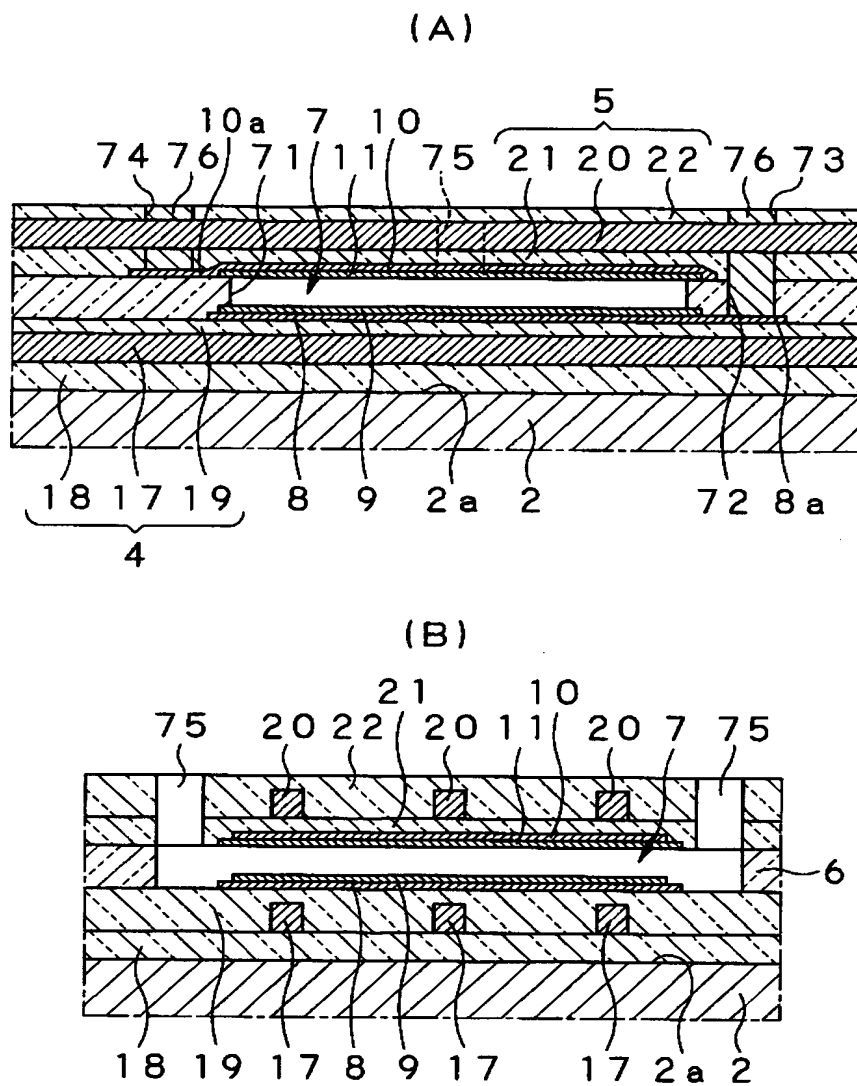
【図 25】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の光導波路間で、損失を低減して光信号の切換や変換を行う。

【解決手段】 中間層 6 に形成したギャップ部 7 内において互いに近接効果摂動が生じ無い間隔に保持されて対向する光導波路 4, 5 を、駆動手段 8, 10 によって少なくとも一方の光導波路 5 を相対する他方の光導波路 4 側へと移動させることにより光導波路 4, 5 間において近接効果摂動を生じさせる。近接効果摂動により光導波路 4, 5 を伝送される光信号が結合し、切換や変換が行われる。

【選択図】 図 1

特願 2003-013857

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名

ソニー株式会社